



PRIMER CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA

MADRID

MCMXIX

INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES DE ESPAÑA

Primer Congreso Nacional de Ingeniería

CELEBRADO EN MADRID

DURANTE

LOS DIAS 16 AL 25 DE NOVIEMBRE DE 1919

TRABAJOS DEL CONGRESO

TOMO II

Sección 4.ª—*Minas y Metalurgia.*
— 5.ª—*Física y Química industriales.*
— 6.ª—*Electrotecnia.*



MADRID
SUCESORES DE RIVADENEYRA (S. A.), «ARTES GRÁFICAS»
Paseo de San Vicente, núm. 20.
1920



SECCIÓN 4.ª

MINAS Y METALURGIA

SECCIÓN 4.ª

PRESIDENTE

Ilmo. Sr. D. Fernando B. Villasante, Ingeniero de Minas.

SECRETARIO

D. Rodrigo de Rodrigo, Ingeniero de Minas.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 17 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y treinta de la mañana.

Procédese inmediatamente a la constitución de la Mesa, proponiendo la PRESIDENCIA, como Vicepresidentes, a los Sres. Oriol y Echevarría, y Vicesecretario, al Sr. Mendizábal; propuestas que son aceptadas por la Sección.

Queda, por tanto, constituída la Mesa en la siguiente forma: Presidente, Ilmo. Sr. D. Fernando B. Villasante, Ingeniero de Minas; Vicepresidentes: D. Domingo de Orueta, Ingeniero de Minas; D. José Luis Oriol y D. Federico de Echevarría; Secretario, D. Rodrigo de Rodrigo, Ingeniero de Minas; Vicesecretario, D. Joaquín Mendizábal, Ingeniero de Minas.

Por aclamación, queda nombrado Presidente honorario de la Sección D. Juan Falcó, Presidente del Consejo de Minería.

A continuación, el Sr. PRESIDENTE lee un discurso de apertura, en el que hace historia de la industria minerometalúrgica, y que en resumen es como sigue:

EXTRACTO DEL TRABAJO "LA MINERIA Y LA METALURGIA, COMO INDUSTRIAS BASICAS PARA EL ENGRANDECIMIENTO ECONOMICO DE ESPAÑA"

Por D. FERNANDO B. VILLASANTE, *Ingeniero de Minas.*

Señores Congresistas:

Investido con el inmerecido honor de la Presidencia de la Sección de Minas y Metalurgia en este primer Congreso que celebra la Ingeniería española, han de ser mis primeras palabras, al comenzar nuestros trabajos, de sincero homenaje de agradecimiento, en nombre propio y en el de los demás señores que forman la Mesa, por habernos confirmado con vuestros sufragios en estos cargos, y de cordialísimo saludo a cuantos se propongan acompañarnos en las tareas de la Sección que nos reúne para coadyuvar con nuestro concurso a la santa causa de la regeneración económica nacional.

Es la industria minerometalúrgica, por la complejidad de sus aplicaciones, la que más justificadamente puede llamarse industria básica de todas las Economías mundiales. En el amplio campo de las actividades humanas, que, en sucesivas evoluciones históricas, han ido tejiendo la extensa urdimbre del progreso universal, fué además el fundamento primario de todos los desenvolvimientos de la riqueza pública y propulsor esencialísimo en la integración de las diversas nacionalidades que se han repartido el dominio del mundo civilizado.

Al par que la Minería, nació la Metalurgia, estableciéndose desde el primer momento el fecundo maridaje de ambas industrias, que han de coexistir siempre armónicamente para la más eficaz utilización de las variadas reservas minerales que la Naturaleza ofrece.

Los avances de la Minería han permitido completar los de la Agricultura, dando a ésta los abonos químicos necesarios para la fertilización de las tierras. Las variadas necesidades de la explotación han impuesto el acondicionado concurso de agentes dinámicos especiales, como el vapor y la electricidad, perfeccionando y multiplicando sus aplicaciones hasta en los menores detalles del laboreo. A la Minería se deben los primeros proyectos de ferrocarriles, y el movimiento comercial de sus productos ha exigido el amplio desarrollo de toda clase de transportes, hasta el punto de constituir las redes ferroviarias el módulo de la riqueza y prosperidad de un país. Las grandes concentraciones obreras a esta industria dedicadas, han transformado por completo el régimen de las antiguas organizaciones sociales, concediendo a

las masas trabajadoras los legítimos derechos de ciudadanía humanitaria que le corresponden como factor esencial de la producción. Los beneficios de la Metalurgia han alcanzado a todas las ramas de la industria universal, facilitando la aplicación de los más raros metales y de las más ingeniosas aleaciones al arte militar, a las construcciones navales, a los transportes aéreos y terrestres, a la maquinaria y herramental de trabajo de diferentes oficios, a la opulenta Arquitectura, a todas las manifestaciones, en fin, y a todas las necesidades de la vida moderna. A la Minería y a la Metalurgia débese el portentoso desarrollo de naciones como la América del Norte, que siendo, a principios del siglo XIX, un pueblo de agricultores en su mayor parte, con algunas escasas explotaciones de carbón en Virginia y Pensilvania, vió rápidamente crecer poblaciones como Cleveland, de 6.000 a 400.000 habitantes, y San Francisco de California, de 300 a 350.000, al mismo tiempo que Australia pasaba, de 400.000 habitantes en 1851, a unos seis millones con que cuenta en la actualidad.

Bastan estos datos rápidamente expuestos para comprender la transcendencia importantísima que en el progreso humano ejerce la industria extractiva, y la razón con que en un principio la llamé industria básica, de obligado concurso en el desenvolvimiento de la riqueza pública. Al cesar la horrorosa contienda que durante más de cuatro años ha ensangrentado gran parte del suelo europeo, todas las naciones beligerantes buscan en esta industria los recursos necesarios para su rápida reconstitución, y procuran intensificar las producciones mineras, especialmente en carbones, y las fabricaciones metalúrgicas, poniendo en primera línea la Siderurgia. País que no atiende con las debidas energías al desenvolvimiento integral de estas industrias fundamentales, será un país incompleto, que quedará arrollado y vencido en la lucha económica que actualmente agita al Mundo; y por muy elevados que la intelectualidad ponga sus idearios de cultura, y aun cuando resulten muy sabias y justicieras las nuevas organizaciones sociales que inspiran las dominadoras corrientes de la Democracia universal y de la dignificación del Proletariado, no se conseguirá realizar el progreso a que se aspira si no se procura al mismo tiempo una intensa industrialización que ofrezca seguro ambiente de posibilidades a las justas reivindicaciones obreras, y de positiva armonía entre el Capital y el Trabajo, de cuya fecunda unión ha de surgir el engrandecimiento de todos los intereses materiales, que son la medula vivificadora de todos los organismos que integran la moderna civilización.

En el rezago industrial en que España se encuentra, acentúase la necesidad imperiosa de aprovechar intensamente todas nuestras reservas mineras con una adecuada y progresiva Metalurgia, si hemos de

conseguir la regeneración económica que con inaplazables apremios demanda la vida nacional. Al congregarse ahora por vez primera la Ingeniería española para estudiar los medios de fomentar la riqueza pública, con una pujante movilización de todos nuestros sectores productivos, forzoso es conceder a la Minería el lugar preferente que le corresponde en esta transcendental labor reconstructiva; y como Presidente de esta Sección, he creído que no podía inhibirme del deber de señalar las orientaciones que en este orden de ideas nos impone el más elemental patriotismo, y de enarbolar la bandera del fomento minero y metalúrgico del País, como enseña de glorioso abolengo y de fecundo porvenir que ha de guiarnos por el camino de nuestro positivo engrandecimiento económico. Pero, para que esta campaña sea fructífera, preciso es que hagamos un serio balance de nuestra situación actual, deduciendo de ella lo que nos conviene hacer para convertir en realidades los anhelos que a todos nos alientan en esta salvadora empresa de reconstrucción nacional.

* * *

Pocas naciones podrán ostentar con más fundamento que la nuestra el variado tesoro de riquezas minerales que su subsuelo encierra. Ellas excitaron las codicias de todas las razas conquistadoras que en las primeras edades históricas se disputaban el dominio del Mundo, y a las explotaciones mineras españolas debió en gran parte el Imperio romano su fastuosa opulencia. Tal raigambre dejaron aquellos trabajos entre la raza indígena, que pudieron los árabes continuar algunas labores, especializándose además en la Metalurgia del hierro, del plomo, del mercurio, del cobre y del alumbre.

Yo os ruego, señores Congresistas, que meditéis un poco sobre el proceso evolutivo de nuestra Minería, y sobre la tutela ejercida por el Estado en su desarrollo. Causas múltiples de perturbaciones internas, y, tal vez también, el exceso de tributos que en algún tiempo se imponían a las explotaciones, puede explicar, en parte, la falta de iniciativas privadas para acometer estos trabajos; pero, al ver cómo, a pesar de estas dificultades, se explotaban por capitalistas extranjeros las minas de Riotinto, las de Cazalla y Guadalnal, las de Almadén y algunas de Linares y las Alpujarras, preciso es reconocer que los capitalistas españoles no se sintieron entonces espontáneamente atraídos a este factor de la Economía nacional, y que fué siempre necesaria la acción del Estado para estimularlos en los nuevos horizontes que habían de transformar las fuentes de la riqueza pública. Complemento eficaz de esta tutela estimuladora en la época moderna fueron las imposiciones de

la ley de 1825, confirmadas por las de 1849 y 1859, obligando al trabajo constante de las minas otorgadas por el Estado; y esto hizo cundir automáticamente la afición a los trabajos subterráneos, especialmente después del descubrimiento del filón Jaroso, en Almagrera; del Prodigio, en Mazarrón, y de algunos otros no menos importantes en Linares, desarrollándose al mismo tiempo con capitales exclusivamente españoles la Metalurgia del plomo, que constituyó una industria propia del País, especialmente en nuestros distritos de Levante, por sus especiales procedimientos de fundición, que llegaron a aplicarse en otras regiones del Extranjero, como el Lauriun griego. Inicióse así una práctica nacionalización de la Minería, que alcanzó también, en gran parte, a las explotaciones ferríferas, haciendo surgir, lo mismo que para el plomo, el obligado enlace entre la mina y la fábrica, que tuvo como primeras consecuencias las instalaciones siderúrgicas con altos hornos, en el año 1832, en Málaga; en 1846, 1848 y 1860, en Villayana y Felguera (Asturias); en 1847, en Santander, y en 1854, en Baracaldo (Vizcaya), sirviendo esta última de base, por sucesivas fusiones con otras Empresas de la misma índole, para la construcción de la gran sociedad "Altos Hornos de Vizcaya", que es actualmente la más importante de España en este orden de producciones.

El decreto-ley de Bases de 1868 vino a truncar esta simpática nacionalización de la industria extractiva. Inspirada aquella reforma legislativa en un amplio criterio de facilidades para obtener la concesión minera, y de seguridad para conservarla mientras se abonase al Estado un módico canon, mal llamado de superficie, sin obligación ninguna de trabajar la propiedad obtenida, fué desapareciendo casi por completo el clásico rebuscador de minas que, asociado a los fundidores o a algunos otros entusiastas industriales, se dedicaba afanosamente a su laboreo, y surgieron, en cambio, los *registradores,* que, por unas cuantas pesetas, acapararon grandes extensiones de terreno, guardando en cartera sus títulos de propiedad, esperando que el capital extranjero viniera a solicitárselos para cederlos entonces con primas y beneficios que llegaron a hacer de la industria, en muchas ocasiones, una verdadera lotería. Y fueron tantos los negocios mineros insistentemente ofrecidos, y tan positiva la riqueza de nuestros yacimientos, que el capital extranjero fué fácilmente atraído, y rápidamente ha ido tomando posesión de los más importantes centros productivos. En un extenso trabajo que, con el título de "La nacionalización de la Minería española", publiqué en la revista *Estudio,* de Barcelona, en el número correspondiente al mes de agosto último, hacía notar que, según recientes estadísticas formadas en el Negociado de Minas del ministerio de Fomento, existían en España 5.225 concesiones mineras, con

una superficie de 147.399 hectáreas de propiedad de Compañías o súbditos extranjeros; cifras que representan el 20 por 100 del número total de concesiones y el 16,70 de la superficie demarcada en todo el territorio nacional. La provincia en que resulta mayor número de concesiones en manos de extranjeros es la de Córdoba; pues cuenta, por este concepto, con 896 minas, de las 1.253 que existen en todo el territorio provincial, o sea, el 71,51 por 100; sigue Huelva, con el 58 por 100; Pontevedra, con el 51, y Guipúzcoa, con el 35. Si se completara esta estadística con las minas propiedad de españoles que trabajan en arrendamientos otras entidades extranjeras, sería mucho mayor seguramente el porcentaje medio por este concepto total que el deducido sólo de las propiedades de estos últimos; y creo que no habría gran error en suponer que más de la mitad de las explotaciones españolas están sostenidas por capitales extranjeros.

En el mismo trabajo de la revista *Estudio* asegurábamos que con datos recogidos en diversas publicaciones, y comprobados cuidadosamente, habíamos llegado a calcular que, durante el año 1918, sumaba el capital empleado en las industrias mineras la cifra de 984.821.000 pesetas, de las cuales corresponden 569.630.000 a Empresas extranjeras y 415.191.000 a Empresas nacionales. Contribuye, según esto, el capital extranjero con un 57,84 por 100 al esfuerzo financiero que impulsa a la Minería española, en forma de sociedades anónimas domiciliadas fuera de España; pero si se tiene en cuenta que hay además algunas sociedades que, aun cuando aquí radiquen, están casi totalmente integradas también por capitales extranjeros, y que muchas otras netamente españolas hállanse ligadas con Casas exportadoras en diversas naciones, mediante contratos comerciales que aseguran la venta de sus productos a cambio del crédito necesario para sostener sus respectivos negocios, aquella proporcionalidad estadística resulta muy inferior a la realidad; y hemos de reconocer, con amargo desaliento, que nuestra industria extractiva hállase sometida a extraños protectorados y a influencias financieras que la orientan en el sentido que más conviene a los países que en este orden de intereses dominan a nuestra economía nacional (1).

La mayor parte de este capital extranjero sólo ha buscado en la Minería española las primeras materias que necesitaba para nutrir poderosas industrias de sus respectivas naciones de origen. A excepción de algunas Empresas explotadoras de minerales de plomo que benefician aquí sus producciones, las demás son casi exclusivamente ex-

(1) *La nacionalización de la Minería española*, por Fernando B. Villasante. (Revista *Estudio*, agosto 1919.)

portadoras, especialmente en minas de hierro, de cinc, de wolfram, de estaño y de piritas ferrocobrizas. Exclusivamente metalúrgicas son escasas las Compañías extranjeras que aquí operan. En un interesante artículo sobre el Capital y los Bancos extranjeros, publicado por el competente economista D. Luis André en la *Revista de Economía y Hacienda,* se consignan datos tomados de la Dirección general del Timbre, según los cuales, se eleva a 747 millones de pesetas el capital de sociedades extranjeras mineras y metalúrgicas, cuya cifra arroja una diferencia de 178 millones con los datos de nuestra estadística, que puede atribuirse a estas últimas especialidades, en el supuesto de que coincidan los referentes a sociedades exclusivamente mineras. No es inoportuno recordar además, que en el citado estudio del Sr. André se cifra en 50 millones el capital extranjero en sociedades de crédito, en 201 el dedicado a empresas de gas y electricidad, en 132 las de ferrocarriles y tranvías, en 50 las de aguas y en 96 las de fabricaciones de objetos varios, sumando un total de 1.277 millones. El capital bancario extranjero se cifra en 1.783 millones, y el español, en 274, con la circunstancia desfavorable de que mientras este último está distribuido entre cincuenta y seis entidades, el capital extranjero está concentrado en diez grandes Bancos, con poderosa fuerza de organización. Como muy acertadamente comenta el Sr. André, "es ésta una terrible fatalidad que nos condena a irremediable esclavitud si a tiempo no procuramos organizar nuestros negocios de modo que, aun moviéndonos peor al principio, tengamos un día la esperanza de lograr mejor resultado, porque nos movemos en casa".

No incurriré yo en la vulgaridad de menospreciar el capital extranjero, que ha contribuido al desarrollo de las explotaciones mineras en muchas regiones españolas, introduciendo en ellas las más prácticas conquistas de la técnica moderna; pero sí hemos de lamentar que estos progresos en el laboreo se hayan realizado a costa del abandono absoluto de nuestra soberanía sobre los variados yacimientos minerales del subsuelo patrio, en vez de procurar con acertadas medidas de gobierno el aprovechamiento en el País de la mayor parte de los minerales producidos.

El progreso de la Minería, con la modalidad exportadora que la caracteriza, ha sido por esto una ficticia apariencia de resurgimiento industrial, puesto que le ha faltado el complemento de la intensificación metalúrgica, que ha de ser su compañera inseparable en el armónico desenvolvimiento de la riqueza pública, como he tratado de probar en las primeras páginas de este informe, y como vengo sosteniendo en diferentes campañas de Prensa, y más detalladamente en la serie de

artículos publicados sobre este mismo tema en el año 1913, en la *Revista de Economía y Hacienda*.

Exportar nuestros mejores minerales para que sean convertidos en el Extranjero en manufacturas, que luego importamos en desventajosas condiciones, será siempre una aberración económica que ningún Estado consciente de sus deberes debe tolerar; pero lo es mucho más ahora, cuando la lucha comercial planteada en el Mundo entero, después de la guerra, exige, para vencer en la contienda, una superproducción industrial abundante y barata que domine fácilmente los mercados de más apropiada absorción de determinados artículos. Cada nación ha de procurar que sus yacimientos minerales sean explotados íntegramente en beneficio del interés general del País; es decir, completando el laboreo con el beneficio metalúrgico, para que éste sirva de base a las variadas industrias transformadoras que, con sus complejas aplicaciones, constituyen el nervio de la vida económica moderna. No haciéndolo así, será tanto como arrojar al mar pedazos del territorio patrio, en forma de yacimientos metalíferos de escogido rendimiento, quedándonos aquí con los de más difícil tratamiento por su pobreza o por su defectuosa composición; y a esto ha de oponerse enérgicamente la Ingeniería española, invocando con insistentes apremios el concurso de los Poderes públicos para salir cuanto antes de la vergonzosa inferioridad en que nos encontramos en tan vital aspecto de la Economía nacional.

Destácase entre las más gravosas e injustificadas exportaciones las de las piritas ferrocobrizas, de las cuales enviamos al Extranjero un promedio anual de dos a tres millones de toneladas. Problema es éste que fué ya planteado oficialmente en un extenso informe presentado al ministerio de Fomento en junio de 1916 (1), en el que tuve el honor de colaborar con otros distinguidos compañeros, y que, seguramente, no han tenido tiempo de estudiar todavía los ilustres políticos que desde entonces han estado al frente del citado Departamento. Por esto ha sido un gran acierto del joven Ingeniero de Minas D. Cesáreo de Madariaga el insistir sobre tan interesante asunto, trayendo a vuestra deliberación un completo estudio del mismo, en el que tendréis ocasión de apreciar las grandes ventajas que ha de reportarnos la utilización completa en el País de todos los elementos minerales que integran nuestras piritas. Es verdaderamente vergonzoso que representando nuestra producción de esta clase de menas el 55 al 60 por 100 de

(1) *Memoria sobre el aprovechamiento industrial de los yacimientos de pirita ferrocobriza de la provincia de Huelva*, por los Ingenieros de Minas D. Claudio Guitián, D. Fernando B. Villasante y D. José Abbad.

la producción mundial, sólo beneficiamos un 3 por 100 de lo que aquí producimos. Sólo el azufre contenido en los minerales exportados, elévase próximamente a millón y medio de toneladas, que, si aquí lo convirtiéramos en ácido sulfúrico (1), podría servir de base a numerosas industrias químicas de las que tanta importancia han adquirido en otras naciones, hasta el punto de ser consideradas por algunos economistas como industrias fundamentales de la riqueza de un país. Con esta exportación perdemos también un millón de toneladas de hierro, aparte del que aquí queda inaprovechado en las terreras de las fábricas de superfosfatos como residuo de la calcinación de las piritas, cuyo hierro exportado se beneficia también en las fundiciones especiales de Inglaterra y los Estados Unidos, habiéndose llegado en esta última nación a fabricar, con nuestras piritas ferrocobrizas de Huelva, carriles de acero con pequeñas proporciones de cobre, que resultan de excelentes condiciones prácticas de resistencia. De las piritas exportadas calcúlase que se extraen en el Extranjero unas 50.000 toneladas de cobre fino, aprovechándose además unos 90.000 kilogramos de plata y 1.500 de oro, que aquí ni siquiera en el cobre metálico producido se obtiene; y, por último, el cobre en torales y en cáscara pasa a ser en otros países primera materia para la obtención del cobre electrolítico, que aquí sólo se produce en la fábrica de Lugones (Oviedo) y en algunas otras más modestas de Madrid, Bilbao y Barcelona, las cuales benefician preferentemente la chatarra de cobre para hacer planchas y tubos. A cambio de esta derrochadora exportación, importamos en condiciones normales (año 1913) productos químicos por valor de 66 millones de pesetas, y cobre electrolítico por 9,50 millones, sin contar la maquinaria eléctrica y otras manufacturas análogas. ¿No tienen estas cifras virtualidad bastante para golpear con tenaz insistencia en el alma nacional hasta conseguir que gobernantes y gobernados despierten del suicida letargo en que se hallan sumidos, y recaben para la Economía patria el aprovechamiento de esa enorme riqueza que en breve tiempo podría ser fuente fecunda de una variada e intensa industrialización?

Conocida es también nuestra lamentable inferioridad en la industria del hierro, por la gran exportación que de sus minerales hacemos. No he de molestar a los señores Congresistas con la repetición de cifras que han sido ya insistentemente expuestas con todo detalle en los variados estudios dedicados a este asunto, y más especialmente en los muy documentados del minero bilbaíno D. Julio de Lazurtegui. Basta a mi propósito recordar que, a pesar de haber subido la producción de

(1) *La nacionalización de la Minería española*, por D. Fernando B. Villasante (Revista *Estudio*, año VII, núm. 80.)

menas ferríferas desde tres millones en el año 1880 a cerca de diez millones en 1913, la producción de lingote no pasó en este último año de 445.000 toneladas, habiéndose exportado unos nueve millones de mineral para ser beneficiado en fundiciones extranjeras. Obligada esta exportación por las conexiones que la mayor parte de nuestras grandes explotaciones ferríferas tienen con capitales extranjeros, es preciso un supremo esfuerzo para organizar la Siderurgia nacional con nuevas agrupaciones mineras escogidas entre los yacimientos aprovechables que todavía quedan vírgenes en algunos distritos. Anuncios halagüeños de este desenvolvimiento son los proyectados centros siderúrgicos de Ponferrada y de Sagunto, con los cuales, y con los ya establecidos en Vizcaya, en Santander, en Oviedo y en Málaga, puede aspirarse al completo abastecimiento del mercado nacional para el necesario desarrollo de las industrias transformadoras; pero aun cabría una mayor intensificación productora con otros establecimientos análogos en la región Levante de España que aprovechara los excelentes minerales de Granada, Murcia, Almería y norte de Marruecos, a fin de proveer económicamente a la construcción de la red ferroviaria que nuestra reconstitución económica exige, aspirando además a ser exportadores de estos productos para el mercado sudamericano, en el que habríamos de encontrar grandes facilidades de absorción de cuantas manufacturas aquí fabricásemos.

Es tan importante este problema para el fomento de la riqueza pública, que se justifica la preferente atención que ha merecido en este Congreso, como tendréis ocasión de apreciar en los luminosos trabajos presentados a esta Sección por el Capitán de Artillería Sr. Fernández Ladreda, el Comandante de Ingenieros militares Sr. Coll y los Ingenieros industriales Sres. Carretero y Averly. En ellos encontraréis atinadísimas consideraciones justificadoras de soluciones que, acertadamente aplicadas, habrían de contribuir eficazmente al progreso de la Siderurgia nacional; pero no debe olvidarse que este desenvolvimiento industrial exige una preparación adecuada, que no debe limitarse a la acción protectora del Estado para los nuevos Establecimientos que hayan de crearse en las más perfectas condiciones técnicas, sino que, además, ha de extenderse al acondicionamiento de las exportaciones, limitando las clases ricas en proporciones adecuadas a las necesidades de la Industria patria, previo un detallado estudio de las calidades y cantidades de que en cada distrito productor pueda contarse, a la manera como se hace en Suecia, a fin de no encontrarnos, cuando la Siderurgia llegase a su pleno desarrollo, con la única disponibilidad de los minerales pobres e impuros, sin poderlos mezclar entonces con los más escogidos que ahora se llevan las fábricas extranjeras.

Absolutamente necesaria es también en España la Metalurgia del cinc, cuyos minerales se destinan casi totalmente a la exportación, excepto una pequeña cantidad que se beneficia en Peñarroya y Arnao; y como los exportadores sólo aceptan clases de determinada ley metálica y de composición escogida, quedan en nuestras minas numerosos yacimientos más pobres sin explotar, y entorpeciendo a veces el aprovechamiento de otros minerales con los que suelen venir asociados, como los de galena, en la Sierra de Cartagena. Cuando circunstancias extraordinarias como las de la reciente guerra, que obligaron a cerrar algunas fábricas de cinc del Extranjero, o bien las anormalidades en los mercados, que restringen la fabricación, dificultan las exportaciones, ni aun las menas de mejor calidad pueden laborearse, y son muchas las explotaciones que suspenden o abandonan sus trabajos. Así se explica que habiendo llegado en épocas normales la producción de estos minerales a 175.000 toneladas anuales, bajara en 1917 a 123.485 toneladas, y en 1918, a 109.029. Esta es una riqueza perdida para la Industria patria, que sería muy fácil de aprovechar si se aplicaran a esta Metalurgia los modernos procedimientos de beneficio, que permiten tratar ventajosamente los minerales complejos y no muy ricos de que aquí disponemos.

Merece, por último, atención cuidadosa el beneficio metalúrgico del manganeso, del wolfram, del estaño, del cromo, del níquel y del aluminio, de cuyos minerales tenemos ya reconocidos variados yacimientos, algunos de relativa importancia. El aprovechamiento de estos minerales podría dar origen a complementarias aplicaciones, especialmente en ferroaleaciones que ahora necesitamos traer del Extranjero, y que, hasta desde el punto de vista militar, convendría fabricar en el País para tener en caso necesario la independencia de nuestros propios suministros.

Como se ve, es amplísimo el campo que a la industrialización patria se presenta, nacionalizando la Minería española en el sentido de aprovechar aquí con todas sus derivaciones manufactureras la mayor parte de los minerales producidos. Si para ello fuera preciso nacionalizar también las explotaciones mineras en el riguroso sentido de esta palabra, a esta solución debe orientarse la acción del Gobierno de una manera resuelta, preparando la transformación de la propiedad y el régimen del trabajo con una codificación minera, tantas veces anunciada y todavía en proyecto, en la que se armonicen las nuevas tendencias que rápidamente van imponiéndose en el mundo industrial con las especiales circunstancias en que se desenvuelve la Minería española, y que sería temerario perturbar con bruscos cambios que no obedecieran a reflexivas consideraciones técnicas, económicas y sociales. La renova-

ción industrial que el País demanda, exige además que los Gobiernos retornen al antiguo sistema de los estímulos protectores, que actualmente vuelven a aplicarse en casi todas las naciones que aspiran a la rápida movilización de todas sus energías vitales, y que en nosotros es más necesario por el atraso industrial en que nos encontramos; pero es preciso también que nuestros capitalistas se organicen técnicamente, respondiendo a los requerimientos del Poder público con iniciativas provechosas y patrióticas, procurando encauzar la producción de una manera armónica con el desenvolvimiento de los mercados consumidores, sin competencias que, anulando o restringiendo los beneficios de cada Empresa, estrangularían el desarrollo industrial iniciado, y estableciendo un régimen de consorcios o de federaciones a la manera de la realizada recientemente por la Industria británica.

No puede ocultársenos, y así espero que habrá de proclamarlo este Congreso, que la acción dirigente para este renacimiento industrial ha de partir del Gobierno, pero de un Gobierno con matiz marcadamente técnico, y que en serias informaciones técnicas fundamente todas sus resoluciones sobre estos asuntos. Como dice muy bien el distinguido Ingeniero industrial Sr. Burgaleta en su notable "Informe sobre el estado y desarrollo de la industria química en España", "la Economía política ha entrado en una fase de nacionalismo industrial que no permite a los Gobiernos permanecer alejados de las cuestiones técnicas, y aun las escuelas más individualistas reconocen al Estado el derecho y el deber de resolver, hasta por coacción, las cuestiones de interés colectivo, que no siempre puede quedar satisfecha por la acción individual". Yo añado que esta intervención oficial debe llevarse hasta la práctica de experimentaciones de ciertos procedimientos protometalúrgicos, de difícil realización por su dudoso éxito o por exigir especiales aparatos de ensayos, que no siempre la iniciativa privada hállase dispuesta a costear. Muchos de nuestros minerales pobres y complejos necesitan peculiares sistemas de beneficio, que no han recibido todavía la general sanción de la práctica industrial española; pero cuando se habla en recientes informes, publicados en *L'Echo de Minas,* de los aprovechamientos que en Alemania se hacen de minerales de cobre con el 0,70 a 1 por 100 de metal, del vanadio contenido en escorias que no exceden de 0,70, de wolframitas pobres de antiguas escombreras, de minerales de níquel de 1,50, de bauxitas con el 40 de alúmina, habiéndose llegado a extraer además el aluminio de la arcilla, se comprende la necesidad de probar aquí aprovechamientos análogos que darían vida a numerosos yacimientos abandonados por no reunir sus minerales condiciones apropiadas para la exportación. Por este concepto es de aplaudir que en el presupuesto extraordinario del ministerio de Fo-

mento presentado a las Cortes se haya consignado una cierta cantidad para la creación de un Centro donde puedan llevarse a cabo todas estas diversas experimentaciones.

Algunos espíritus pesimistas temen que no pueda llegarse a esta intensa industrialización, por las deficiencias de nuestra producción carbonera. Estimamos infundados estos pesimismos si se consigue modernizar las explotaciones de combustibles en armonía con las actuales necesidades de la Industria.

Desde dos aspectos distintos hay que considerar nuestras reservas de carbones, que son la cantidad y la calidad.

En el balance hecho con motivo del Congreso Geológico internacional, celebrado en Toronto (Canadá) en el año 1913, se calculó que España tenía una reserva actual de 4.500 millones de toneladas de carbón en capas reconocidas con algún valor industrial por su situación y potencia, y una *reserva probable* de mil millones de toneladas, de posible utilización en el porvenir. Los trabajos hechos después de aquella fecha en distintos distritos han comprobado la extensión de la formación carbonífera, en condiciones de explotabilidad, en zonas mucho tiempo abandonadas, y especialmente en lignitos se han descubierto yacimientos insospechados hasta en provincias de la parte sur de España, como Granada, Murcia y Almería, elevándose la producción total de esta clase de combustibles a 726.348 toneladas en el año 1918, y habiendo sido sólo de 276.791 en 1913, último año de normalidad en la explotación. Los interesantes estudios que sobre las formaciones hulleras españolas vienen haciéndose por el Instituto Geográfico y por algunos Ingenieros del servicio de distritos, cuyos informes se publican en el *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, del Ministerio de Fomento, permiten además suponer, con grandes fundamentos técnicos, que las cuencas actualmente explotadas se prolonguen por las provincias limítrofes recubiertas por terrenos más modernos que deberán atravesarse con sondeos para llegar a descubrir las capas subyacentes en esas sospechadas regiones; y si tan importantes predicciones se realizaran, podría contarse con una extensión de las formaciones hulleras de Asturias, de León, de Palencia, de Sevilla, de Córdoba y de Puertollano, que harían subir notablemente la cubicación hecha en 1913, aun sin contar con los yacimientos lignitíferos descubiertos recientemente, y que, en las condiciones actuales de la Industria, son de perfecta utilización. No sería extraño, con estos antecedentes, que pudiéramos contar bien pronto con una reserva de unos 12.000 millones de toneladas de combustible; y aun cuando el consumo actual se duplicara, llegándose con una intensa industrialización hasta 15 millones anuales, tendríamos asegurada una vida industrial por este concepto para ochocien-

tos años. Creo inútil advertir que este consumo no podría aumentar tan rápida y notablemente, teniendo en cuenta las aplicaciones, cada vez más acentuadas, de la energía hidroeléctrica, de la cual contamos, según el competente Ingeniero D. Juan Urrutia, con un potencial de 10.000 millones de kilovatios-hora, representativo de un consumo de carbón, en ese tiempo, de unos 20 millones de toneladas, y de cuyas reservas dinámicas sólo se aprovechan actualmente un 8 por 100 próximamente.

No es, pues, la escasez de combustible lo que puede entorpecer el desenvolvimiento industrial de España. Tampoco puede entorpecerlo la calidad de los mismos; pues si en algún tiempo se exigían condiciones muy especiales para su aprovechamiento en los antiguos motores, se ha llegado afortunadamente en la época actual a tales perfeccionamientos en este sentido, que puede asegurarse que no hay ya carbones, por malos que sean, que no tengan alguna provechosa aplicación en la Industria.

Para juzgar de la calidad de los carbones españoles, ha de consultarse siempre con fruto la documentada obra del ilustre Ingeniero de Minas Sr. Adaro, titulada *Los carbones nacionales y la Marina de guerra.* En ella puede verse que contamos con una gran variedad de combustibles, desde las hullas secas de llama larga, hasta las magras o antracitosas, encontrándose en los tipos intermedios de hullas grasas algunas clases que pueden competir ventajosamente con las mejores hullas inglesas. La patriótica labor del Sr. Adaro, encaminada a defender el aprovechamiento de nuestros carbones para todas las necesidades nacionales, aun en época en que era todavía imperfecto el lavado y preparación del combustible, hase visto torpemente destruida por la codicia de algunos explotadores que, durante las anormalidades del mercado a consecuencia de la guerra, han expendido sus carbones sin la debida selección preparatoria, mezclándolo con tierras y rocas estériles del relleno de las capas, y disminuyendo de tal modo el rendimiento térmico del combustible, que se ha traducido en un aumento ficticio del consumo, tan ficticio como ha sido el de la producción.

Ante este resultado, el consumidor ha llegado a desconfiar de la eficacia de los carbones españoles, y espera aprovechar las importaciones de carbones ingleses o americanos, cada día más difíciles de conseguir, para normalizar la marcha de sus respectivas industrias; pero es preciso advertir a esos consumidores que el carbón español no es como usualmente se viene entregando ahora al mercado, salvo contadas y honradísimas excepciones, y que cuando aquí se ejerza la seria inspección técnica que la industria carbonera necesita para asegurar su porvenir como factor esencial de la Economía patria, no hará falta el

carbón extranjero para atender a todas nuestras necesidades, pues contaremos con calidades aceptables para las exigencias del mercado. Para ello es preciso, en primer término, perfeccionar el estrío y lavado de los carbones en la forma en que se empieza a realizar en algunas importantes instalaciones de Puertollano, que han permitido reducir las cenizas hasta un 10 ó 12 por 100 en clases de carbones que ahora se entregan con 20 ó 25; sabido es que con un buen lavado puede eliminarse del combustible la mayor parte de sus impurezas, aumentando su potencia calorífica y su poder de evaporizaciones, y evitando los inconvenientes que en la combustión ofrece la presencia del hierro, del azufre y otras materias extrañas, como pizarras, yeso y carbonatos de cal.

Otro perfeccionamiento necesario es la utilización de los menudos, que ahora se consideran como una carga de la explotación, por la gran cantidad en que se producen; pues suelen llegar en Asturias a un 70 por 100, correspondiendo el resto a 20 por 100 de granos y 10 por 100 de grueso. Estos menudos no han debido ser nunca un entorpecimiento de la producción, sino parte de ella que debiera contribuir al mayor beneficio del negocio, no sólo preparándolos convenientemente, en las clases que a ello se prestara, para el consumo de las fábricas de gas, sino principalmente utilizándolos en la fabricación de briquetas en la gran proporción en que en otras naciones, y especialmente en Francia y en Inglaterra, se hace. Bien lavados estos menudos, y convenientemente mezclados distintas calidades de ellos, puede llegar a obtenerse un producto de excelentes condiciones, y el Estado debiera estimular esta fabricación con protecciones especiales, siempre que respondiera a determinadas características de pureza. No debe olvidarse además que el aprovechamiento de los menudos ha entrado en una fase tan interesante, que acabarán por ser admitidos en el mercado con igual facilidad que los carbones gruesos; pues no sólo se emplean ya con éxito en los ferrocarriles americanos, y con disposiciones especiales en los hogares de las máquinas fijas, sino que hasta se trata de utilizarlos en los altos hornos, en substitución del cok, y en los motores de explosión combinando mezclas inflamables de aire y de carbón pulverizado, que puede ser también lignito, produciéndose una mezcla tan detonante como el grisú o la esencia de petróleo. Con estas diversas aplicaciones dícese que se consumen en los Estados Unidos de América unos 12 millones de toneladas anuales de carbón pulverizado.

Si a estos aprovechamientos se agregan los que pueden hacerse de nuestras extensas cuencas lignitíferas, bien destilando estos carbones, o bien quemándolos para producir con ellos energía eléctrica que se distribuya con altas tensiones entre diferentes zonas de consumo, se com-

prende el amplio manantial de potencia térmica de que podemos disponer para nuestro desenvolvimiento industrial, si sabemos sacar partido de los progresos de la moderna técnica, aplicados a la gran variedad de los combustibles españoles.

Pero para que estos perfeccionamientos puedan ser posibles en la industria hullera nacional, es de todo punto necesario realizar una completa transformación de la mayor parte de nuestras explotaciones, agrupando en cotos apropiados las concesiones que ahora luchan por la existencia en gravosas condiciones de laboreo, ampliando y concentrando sus instalaciones de extracción y lavado, y construyendo, entre todas las explotaciones interesadas, los ferrocarriles mineros necesarios para la salida de los carbones en cada zona, sin cuyo complemento será imposible intensificar la producción. Sobre esta transformación de la industria hullera, debe ejercer el Estado una acción decisiva y enérgica, para que su desenvolvimiento resulte de eficaz utilidad práctica a todos los intereses nacionales que en la producción carbonera han de apoyarse para su positivo desarrollo; y sin que esta acción gubernativa pueda dar nunca la sensación de ser pesada carga para el explotador, sino, antes al contrario, procurando rodearla de las mayores facilidades para conseguir razonables rendimientos a las Empresas, ha de atender principalmente a ensanchar la escala de las explotaciones para la mayor economía del laboreo y de los transportes, valiéndose de esta intervención para hacer un detallado inventario de la riqueza hullera, clasificada por clases y aplicaciones del consumo, y estudiando además su coste real de explotación en cada caso y el aprovechamiento que de las diversas calidades explotadas puede hacerse.

Este intervencionismo del Estado no puede ni debe limitarse a las explotaciones carboneras: ha de extenderse también a los consumidores, para obligarles a la utilización de los carbones nacionales, una vez conseguida la selección y mejora de calidad de la mayor parte de ellos. Durante la penuria de combustible que hemos sufrido en los años de la guerra, nada o muy poco se ha hecho para modificar los generadores de vapor en condiciones adecuadas a los carbones de que disponíamos, y se daba el caso incomprensible de que un ferrocarril situado en una región lignitífera, de excelentes carbones de esta clase, tuviera que suspender su tráfico cuando le faltaba carbón de Asturias. El consumidor ha buscado siempre las mejores calidades, aun con transportes caros, elevando los precios en esta competencia de compras y dificultando la aplicación de la tasa; y aun cuando ello ha estado justificado en gran parte por la mala calidad de los carbones que en muchos casos se lanzaban al mercado, es hora ya de que cesen estas anomalías que tanto perturban la distribución del combustible, y que preparemos nuestra in-

dustria para consumir los carbones de que disponemos, clasificando bien sus aplicaciones y su rendimiento térmico.

Si así se transforma y complementa la producción carbonera, y si se atiende a las demás ramas de la Minería y de la Metalurgia en la forma indicada en sus líneas generales en las páginas precedentes, habremos conseguido la verdadera regeneración económica a que aspiramos, convirtiendo a nuestra querida España en fecundo campo de progresiva industrialización. En la nueva era social que en el Mundo se inicia como resultado de la cruenta lucha sostenida por las más poderosas naciones, han de resolverse cuantos problemas afecten a los interese morales y materiales de los pueblos con una severa orientación técnica encauzada por organismos oficiales, que el Estado debe cuidar de mantener con amplias atribuciones; y como sería inútil que estos organismos funcionaran sólo en una actuación consultiva, ni aun como centro de iniciativas aisladas, deben completarse con el concurso de elementos financieros capacitados para llevar a la práctica los proyectos que la Ingeniería española presente como de más urgente aplicación a la Industria nacional.

Algo análogo se ha hecho recientemente en Italia, donde se ha creado un Comité científico-técnico para el desarrollo de la Industria. De más importancia son las organizaciones creadas en Inglaterra con subvenciones del Estado, para la experimentación de los progresos industriales. Alemania misma, a pesar de su derrota, cuida de este salvador aspecto de su reconstitución, y entre otros centros técnicos ha fundado el Instituto del Lignito, para estudiar todas las aplicaciones que puedan hacerse de este combustible, que allí se presenta en gran profusión de yacimientos. Ante este general movimiento, creador de vitales energías, no puede España permanecer indiferente, y yo os propongo, señores Congresistas, como conclusión práctica de esta conferencia, "que solicitemos de los Poderes públicos la creación de una Cámara Minerometalúrgica, integrada por los Ingenieros que propusiera el Instituto de Ingenieros Civiles, por representaciones de la Banca y por industriales elegidos por los Consorcios o Sindicatos mineros y metalúrgicos que deben formarse en todas las provincias productoras". Esta Cámara, o Comité de Estudios, en la que intervendrían los elementos técnicos que el Gobierno tuviera por conveniente, examinaría todos los complejos problemas que la industria extractiva ha de resolver para su completo desenvolvimiento, procurando su realización inmediata con el auxilio del Estado cuando así procediera; y teniendo en cuenta el impulso creador que esta industria imprime a todas las manifestaciones de la actividad humana, según he tratado de demostrar en la presente disertación, es seguro que pronto veríamos realizados nuestros patrióticos an-

helos, haciendo de España una potencia industrial con la necesaria independencia económica para satisfacer a todas las atenciones, no sólo de su vida interna, sino en la de relación con las demás potencias, demostrando que el vigor de la Raza no se agotó con las épicas proezas de los tiempos medioevales, los cuales dejaron un sedimento de energías que saben aprovecharse en los serenos dominios de una paz reconstructiva para aumentar todas las fuentes de la riqueza pública al impulso vivificador de la moderna Industria."

El trabajo del Sr. Villasante es aplaudido, y su propuesta de creación de una Cámara Minerometalúrgica mereció aprobación unánime.

Después, lee el Sr. SECRETARIO el trabajo de D. Pablo Fábrega, cuyo extracto se inserta a continuación:

"ESTUDIO INDUSTRIAL DE LOS CRIADEROS DE ESTAÑO Y WOLFRAM EN ESPAÑA

Por D. PABLO FÁBREGA, *Ingeniero de Minas.*

Después de una recapitulación histórica de la explotación de ambos metales desde los antiguos tiempos hasta nuestros días, que ocupa el capítulo primero, de datos estadísticos que ocupan el segundo, se describen en el tercero las regiones estanníferas y wolframíferas de España. En el cuarto, se trata de la posición geológica de dichos criaderos con relación con las rocas plutónicas.

Ocupa el capítulo quinto la génesis de los criaderos de estaño y wolfram, huyendo un poco de la teoría pneumatolítica y apuntando la intervención del proceso metasomático.

El capítulo sexto se dedica a estudiar la riqueza media de los criaderos estanníferos de España, así como las de los wolfram, en cuanto sean filonnianos; el séptimo, al precio de venta de ambos metales; el octavo, al precio de coste, con un modelo de instalación grande, cuyo capital se define en el capítulo noveno, sólo al objeto de tener una orientación.

Este trabajo se puede resumir diciendo:

Que en España son abundantísimos, pero de baja ley, los criaderos de casiterita y de wolframita, armando casi siempre en el granulito y teniendo por roca de contacto el "greissen" como los de Cornwalles, a cuyo tipo se asemejan, aunque quizá estén en España más denudados.

Que la potencia media varía entre 20 centímetros a un metro, contada toda la caja, "greissen" incluso, y rara vez es más, orientándose con preferencia al Norte-Noroeste, pero con tales variaciones y siem-

pre tan verticales, que son criaderos de tipo radial más que de tipo yacente de Zinnwal.

La riqueza media de los criaderos filonianos de wolfram y de estaño en España, también tomada toda la caja de filón, "greissen" incluso, oscila del medio al 1 por 100 de estaño o de ácido túngstico.

Toda mina de estaño o de wolfram exige en nuestro país un salto de agua barato, o energía en parecidas condiciones.

Son, en general, minas que precisan un fuerte capital de instalación y una relativa normalidad en los precios del mercado."

Leído el orden del día para el siguiente, se levanta la sesión a la una de la tarde.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 18 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y media de la mañana.

El Sr. GUARDIOLA (D. Ricardo), Ingeniero de Minas, lee el siguiente trabajo:

"LA MINERIA DE CARTAGENA, ELEMENTO IMPORTANTE DE LA RIQUEZA NACIONAL, NECESITA EL AUXILIO DEL ESTADO

Por D. RICARDO GUARDIOLA, *Ingeniero de Minas.*

"Cartagena—he dicho en otra ocasión—es el distrito del plomo y de la plata, del cinc, del hierro, del manganeso, del cobre y del estaño, y en cantidades no apreciables, comercialmente, del antimonio, el arsénico, el oro y el mercurio.

"Las menas explotables son aún más variadas, pudiendo contarse los carbonatos de plomo y cinc, óxidos y carbonatos de cobre, hierro y manganeso (limonita, oligisto y hierros manganesíferos), ocres, óxidos de estaño, galena, blenda, pirita de hierro, pirita arsenical y calcopirita, hierros argentíferos y, por último, plata y cobre nativo.

"Las distintas especies de criaderos constituidos por dichas menas forman una serie tanto o más numerosa; se reconocen masas estratificadas, en las calizas, de minerales oxidados, como las compuestas por cerusita, calamina y óxidos de hierro, que proceden de galenas, blendas, y piritas transformados por acciones secundarias, y de óxidos de hierro manganesífero, que pasan en profundidad a siderosa, dialogita y rodonita; por las mismas causas, capas, filones y masas de contacto de galena, blenda y pirita en las calizas triásicas o en las subyacentes del estratocristalino; capas de impregnación y substitución de galena, blenda y pirita, en las pizarras cloríticas (manto de azules); filones de galena muy argentífera con ganga de hierro espático en las micascitas (Cabo de Palos, tipo Almagrera); filones en las pizarras cloríticas de galena, blenda y pirita; y filones, en las mismas rocas, de casiterita y

óxido de hierro, que contienen en profundidad pirita ferrocobriza, galena y blenda; filones de contacto entre rocas hipogénicas y calizas, que pasan algunas veces al través de éstas y de las pizarras subyacentes, compuestos por galena, blenda y pirita, y se relacionan con masas en las calizas, constituidas por los mismos minerales (tipo Cabezo Rajado); y filones de la misma constitución en las rocas eruptivas dichas (Cabezo del Trujillo, tipo Mazarrón y Cabo de Gata).

"Los referidos criaderos se distribuyen en los distintos parajes que comprende este distrito, importantísimo por su extensión y riqueza, según una cierta ley, que viene a coincidir evidentemente con las teorías modernas que explican la génesis de los criaderos, considerándolos derivados de las rocas volcánicas; debiéndose éstos a las emanaciones que de las minas se desprenden en forma de fumarolas durante su enfriamiento; es decir, que tanto en la distribución topográfica de las distintas menas, cuyos elementos mineralizadores son, sobre todo, el cloro, el azufre y el carbono, como en el relleno de cada uno de los yacimientos, se distinguen las tres fases sucesivas que aquéllas ofrecen en su composición, caracterizadas por la presencia de los tres cuerpos citados, y que esto tiene lugar en el espacio y en el tiempo, o sea, con relación a la distancia del centro eruptivo y al tiempo transcurrido después de iniciarse la erupción.

"Si dividimos teóricamente la superficie de este importante campo de fractura en tres zonas concéntricas, observaremos que, en la más interior, la más próxima al centro eruptivo, se presentan menas cuyos mineralizadores han podido ser sucesivamente el cloro, el azufre y el carbono; en la intermedia predominan las substancias mineralizadas por el azufre y el carbono, y en la más exterior, las de este último elemento principalmente.

"La zona central eruptiva se sitúa en la intersección de la gran falla que limita la Sierra por el Norte, desde Cartagena hasta Cabo de Palos, con la más importante de las varias transversales paralelas que se arrumban de NE. a SO., y coincide con la alineación Escombreras a Cabezo Rajado.

"Las rocas hipogénicas que han ascendido por este punto, como prueba de la mayor profundidad de las fracturas, se extienden formando diques, aflorando a manera de islotes o en interposiciones lacolíticas entre las pizarras, y alcanzan casi hasta el punto más elevado de la Sierra, el Cabezo de Sancti Spiritus, inmediato a dicho centro eruptivo.

"En comprobación de lo antes manifestado, se presentan como minerales típicos de cada fase el cobre y el estaño en esta última zona; los minerales sulfurados de plomo, cinc, hierro y los óxidos de hierros secos, o sea, sin manganeso, que son productos de transformaciones se-

cundarias de la pirita, en la intermedia; y en la más alejada, los óxidos de hierro manganesífero, y óxidos de manganeso, que degeneran en profundidad en carbonatos y silicatos de hierro y manganeso.

"Los sulfurados foman también parte de los criaderos de las dos zonas extremas; en la central, con gran intensidad, siendo las galenas más ricas en plata, y con débiles metalizaciones en la zona externa; los carbonatos y silicatos de manganeso se hallan rara vez en la primera y segunda, y en la tercera forman casi la totalidad de las metalizaciones."

Hasta aquí la relación de estos fenómenos; ahora, es preciso darles explicación.

Habremos de tener en cuenta a tal fin las *causas originarias*, el *medio en que éstas actuaron* y los *efectos* producidos por las variaciones que el segundo ofreció a las primeras.

La *causa originaria* de estas formaciones metalíferas ha sido, sin excepción alguna, la circulación hidrotermal; el *medio* fué sumamente variado, por la distinta naturaleza de los terrenos que se superponen, y las fuertes dislocaciones sufridas por éstos, casi contemporáneas del flujo de las aguas termales; y son, por lo tanto, fracturas, siempre con resbalamiento de los hastiales, que han atravesado las calizas y pizarras de los terrenos predominantes, triásico y estratocristalino, superpuestos en grandes extensiones dentro del campo metalífero, así como las rocas hipogénicas que rellenan los grandes huecos de dislocación, especialmente las ácidas más antiguas; las desoldaduras de los estratos por los plegamientos; los huecos por disolución de las primeras rocas referidas y, en último término, los poros y cuarteamientos de las mismas, y los huecos sutiles por fisibilidad de las segundas.

Los efectos del relleno de fracturas han sido los numerosos filones que aparecn en las pizarras, calizas y traquito-andesitas; del relleno de las desoldaduras de los estratos de toda especie, los huecos de las calizas, la precipitación en sus poros y pequeñas grietas, por inyección, infiltración y metasomatosis, las distintas masas que arman en las mismas; y, por último, por inyección e infiltración al través de los planos de fisibilidad y cuarteamiento de las pizarras, el interesantísimo criadero que se denomina *manto de azules*, así como las numerosas impregnaciones que por todas partes se muestran en las mismas formando verdaderas redes inextricables que enlazan entre sí los filones más importantes; carácter especial que ofrecen los filones y filones-capas del Barranco de Mendoza, y los que se observan también en algunos puntos del yacente del referido manto.

Las emanaciones originarias de la circulación metalífera hidrotermal proceden de las rocas hipogénicas que por toda la región aparecen

en forma de diques puestos al descubierto por las labores mineras, o por el derrubiamiento de los terrenos, formando cúpulas, que son restos de lacolitos interpuestos en su origen entre las rocas de las profundidades; pero ni el origen y edad de aquéllas, ni la tectónica de estos terrenos, han sido estudiados al detalle por nadie, ni nos son, por lo tanto, conocidos, en grado suficiente, para aceptar un criterio probable, sobre si los criaderos subordinados a las primeras son contemporáneos o se han generado en épocas distintas; constituyendo este punto un problema de extremada importancia para el porvenir de aquellas explotaciones, por la posibilidad de que la mineralización de los criaderos se prolongue a mucha mayor profundidad que la reconocida hasta hoy, o de que ésta se limite a una zona superficial, como creen muchos mineros sin razones técnicas que avaloren esto, que es sólo una aprensión.

Es evidente que las grandes dislocaciones dieron paso a los materiales pétreos fundidos, y que, desde éstos, las aguas termominerales siguieron el curso de las mismas fracturas o de sus derivaciones, difundiéndose, a partir de ellas, por los planos de fisibilidad o las desoldaduras de las pizarras, o por los contactos de las calizas, y de aquí a sus distintos huecos; pero existen particularidades que es indispensable hacer notar, por constituir cada una de ellas un problema metalogénico de grandísimo interés didáctico, pero de mucho mayor interés industrial. Por ello, vengo a exponeros estas modestas consideraciones y a rogaros me prestéis vuestra atención.

El criadero que, en forma de capa, se extiende interestratificado en las pizarras cloríticas, o en contacto de las calizas de la sierra de Sancti Spiritus, al cual hemos denominado *manto de azules,* ¿pertenece al tipo de profundidad que los metalogenistas modernos llaman *impregnaciones difusas?*

"Se encuentran éstos en los terrenos primarios (y ahora no particularizo, tratando exclusivamente del caso de Cartagena, sino que hablo en términos generales y por boca del geólogo De Launay), en relación frecuente con rocas eruptivas de la familia de los microgranulitos o microgranitos y diabesas; impregnan una cierta zona plegada, esfoliada, rota, ya metalizando un estrato de una cierta extensión, ya rellenando sus huecos por desoldaduras de los lechos y hojas en que se subdivide."

No obstante mi abstracción del caso de Cartagena, me parece estar haciendo la más apropiada descripción de aquel interesante yacimiento, porque son esos precisamente sus típicos caracteres. Se trata, por lo tanto, probablemente, de un criadero de profundidad, generado en un período de descenso de los terrenos estrato-cristalino y triásico, durante la deposición de los sedimentos terciarios subsistentes hoy en las zonas llanas, desaparecidas por derrubiamientos en las más elevadas. Con-

viene con este carácter la presencia en ciertos parajes, como la Rambla de la Boltada, de la magnetita como ganga de los sulfuros de cinc y de plomo.

Y no es éste exclusivamente el criadero que así se caracteriza: presentan igual analogía "aquellas vetas y filones sin raíz profunda directa, muy limitados en todos sentidos, convertidos en muchos puntos en filones-capas, y ofreciendo una extraordinaria subdivisión en ramas, con ausencia completa de aquella estructura fajeada tan característica de estas formaciones"; extensa red de fracturas que abarca todo el paraje que denominamos Barranco de Mendoza y Francés, su confluencia y sus inmediaciones.

Las rocas, en toda la región, aflorantes que son andesitas o dacitas, propilitas, liparitas, banatitas o leucotefritas, diabasas, ofitas o afanitas, son todas del tipo microlítico o del intermedio con el vítreo, ofítico, denominados de profundidad media, pero siempre inferior a la zona superficial en que reconocemos y explotamos aquellos criaderos. Existen también en el Cabezo del Francil andesitas con biotita abundante, del tipo granudo, que pueden confundirse a la simple vista con el granito, roca cristalizada a gran profundidad; y aparecen al mismo tiempo basaltos en coladas interpuestas entre conglomerados terciarios, y lavas negras basálticas en Galifa y Fuentevieja, que vienen a comprobar la existencia de erupciones modernas completamente superficiales, relacionadas, sin duda, con dislocaciones que han levantado el travertino, plioceno o cuaternario, a alturas de más de 200 metros (Cabezo del Almorchón).

Muestran también el carácter de formaciones superficiales descubiertas por un débil derrubiamiento de los terrenos las manifestaciones del mercurio en algún paraje de la Sierra, apartado de la región donde radican las principales minas en actividad, el Cabezo de la Campana, del término de Alumbres; pero este metal y su frecuente asociado el antimonio no han sido vistos, hasta ahora, en el resto de las formaciones metalíferas del distrito, aunque la existencia del último en éstas se comprueba constantemente por los plomos antimoniosos que, como producto secundario, se obtienen en la desplatación de los argentíferos que proceden de nuestras fundiciones.

¿Cabe distinguir en dichos criaderos entre los que pudieran corresponder a las formaciones metalíferas hercinianas relacionadas con las ofitas y diabasas, que hemos dicho aparecen en aquellos lugares, y las terciarias procedentes de las andesitas o bien de otras más modernas, como los basaltos?

Este es un punto por dilucidar todavía, despreciado generalmente por los que han ido a estudiar aquella región, o, al menos, no tenido en

cuenta en sus investigaciones; porque, es preciso reconocerlo, muy pocos geólogos son los que han descrito hasta ahora las formaciones metalíferas españolas bajo otro aspecto que el exclusivamente utilitario, considerándolas como simples materiales aprovechables interpuestos accidentalmente en la corteza terrestre y como originados por influencias casuales, y es imprescindible tener en cuenta que cuando las formaciones metalíferas, que se muestran superficialmente, tienen el carácter de las originadas a grande profundidad es porque la denudación ha hecho desaparecer una gran parte de su masa susceptible de aprovechamiento, y es prudente considerarlas como muy limitadas en sentido vertical; pero si, por el contrario, se muestran con una composición y textura y con relaciones tectónicas o estratigráficas que acusan una corta profundidad original, resultará que su formación ha debido ser muy reciente, que el derrubiamiento de los terrenos no pudo ser intenso, y las masas minerales interpuestas en aquéllos deben permanecer en sus dimensiones primitivas. Por tal motivo, es lógico pensar en la probable superposición dentro de un mismo paraje de zonas metalíferas de carácter de profundidad gradualmente creciente: fracturas o filones, impregnaciones difusas, emanaciones y concentraciones periféricas y secreciones ígneas, sin que sea indispensable la existencia de todos los tipos sobre una misma vertical, puesto que su encadenamiento depende de condiciones tectónicas especiales, no siéndonos quizá permitido alcanzar por los medios y procedimientos de laboreo de que disponemos hasta hoy a las más profundas, pero siéndonos verosímilmente deducible que, en estos parajes, es en donde mayores probabilidades existen de que las metalizaciones alcancen a niveles más bajos.

Otro caso que viene a confirmar el concepto en que se basan estas consideraciones, y que debo por lo mismo mencionar aquí, es el del particularísimo yacimiento de la caliza cristalina del Gorguel, que encierra, con exclusión de todo otro terreno, al parecer, filones, capas y masas de galena, cuyas metalizaciones se limitan al espesor de aquél. Está constituida esta capa por calizas sacaroides que, examinadas al microscopio, acusan la presencia de granos de cuarzo y fajas grises en que abunda el óxido de hierro. Aunque parece ser una roca sedimentaria o clástica, como se intercala concordantemente entre capas de pizarra clorítica, compuesta de cuarzo clorita muy alterada y algo de esteatita, que pertenecen seguramente al estrato cristalino, hemos de deducir que forma parte del mismo terreno. Se extiende con los mismos caracteres a todo aquel paraje en una extensión de unas 1.500 hectáreas, y aparece fuertemente dislocada con numerosos saltos o fallas. Las masas estratificadas en forma irregular o de mantos que constituyen un enlace entre las fracturas mineralizadas, se producen por relleno de huecos de

disolución de las expresadas calizas; las fallas metalizan en todo el espesor de éstas; por regla general, muy débilmente, cuando uno de los hastiales es de pizarra clorítica, cuyos detritus alterados rellenan los huecos y cierran el paso a las aguas mineralizadoras, o bien con parecida o mayor riqueza hasta 10 ó 12 metros por bajo del yacente de las calizas, y nunca más arriba de su pendiente.

La profundidad media de la capa que se inclina con el terreno es de unos 150 metros, y las escasas exploraciones hechas hasta ahora en algunas minas, cuya superficie alcanza en conjunto una extensión de 280 hectáreas, no han descubierto metalizaciones a mayor profundidad.

Todos los caracteres convienen con los de una formación metalífera producida por circulación exclusiva dentro de las calizas, merced a las fracturas y huecos de disolución de que está sembrada y por inyección lateral al través del nivel estratigráfico que aquéllas forman.

La mineralización, muchas veces, es compacta en forma de riñones o nudos; en las restantes, en mayoría, da lugar a incrustaciones que rellenan incompletamente los huecos, alternando con la ganga, que es principalmente carbonato de hierro y manganeso, y muchas veces con un recubrimiento moderno de calcita estalactítica.

La carencia casi absoluta de aureolas de la caliza, por alteraciones debidas a la circulación hidrotermal, mostrándose aquélla, por el contrario, con el carácter cristalino, lo mismo en el contacto de las metalizaciones que a mayor distancia de éstas; las preferencias de las mismas por las pizarras del yacente, y nunca con las del pendiente, parecen demostrar que se deben a débiles presiones y, por lo tanto, que se han formado a escasa profundidad. Se comprenderá la gran importancia que tiene el obtener conclusiones ciertas sobre este punto, por la extensión de la zona a que hago referencia y por la probable exclusión de los terrenos subyacentes a estas metalizaciones que, de comprobarse lo antes expuesto, resultaría, evitándose la pérdida de capitales en intentos infructuosos, o, por el contrario, el abandono de una riqueza que por un fatalismo sistemático, debido a principios rutinarios que con tanta ligereza se sientan, quedase sin descubrir.

Tan variados e intrincados problemas pueden tener una solución muy aproximada o exacta, pero nunca por simple examen superficial o lo que llamamos inducción geológica; únicos medios de que disponemos los que, por amor a esta rama de las ciencias, aprovechamos nuestras expediciones al campo, con un fin más bien de explotadores de nuestra profesión que de hombres doctos, para observar y deducir o comprobar hechos supuestos y sugeridos, o aprendidos por lecturas de libros de la especialidad, en nuestros ratos de ocio, sin recursos y sin tiempo además para poder utilizar los procedimientos científicos mo-

dernos, siempre de costosa aplicación, el análisis químico y el micrográfico.

No desconocemos, sin embargo, que habrá que recurrir a tan ventajosos medios; y para que este estudio resulte eficaz, deberá ser muy minucioso y profusamente empleado. Deberán someterse al análisis químico y al examen del microscopio todas las substancias del relleno y las rocas de la caja de los criaderos a distancias diversas de los hastiales, así como las muy variadas alteraciones que, tanto éstas como las menas y gangas, presentan.

Habrá que completar esta labor con planos y cortes detallados en que se determinen claramente los criaderos; croquis sobre la manera de distribuirse la mineralización de los frentes de las labores visibles. Señalar en aquéllos los asomos de las rocas con todas las variedades de composición y metamorfismo, con que se muestran superficialmente, o en los frentes y costados descubiertos por las labores mineras, sus fallas, contactos y dislocaciones; trabajo que, por los conocimientos que exige, sólo es asequible para los especialistas, y por los gastos que ofrece, no podrán ser sufragados sino por el Estado. Ni aun las grandes Empresas comprenden fácilmente la importancia de estudios llevados a tal extremo, y de comprender su alcance y disponer de personal técnico idóneo, no suele ser el adecuado para esta clase de investigaciones, más propio de académicos que de industriales.

Es un grande atraso el que tenemos en España en esta rama de la Geología; puede decirse, salvo raras excepciones, que disfrutamos de un absoluto desconocimiento de nuestros distritos mineros, de los más interesantes del Globo (Cartagena, Mazarrón, Almagrera, Gádor, Linares, Hiendelaencina, etcétera).

Se han escrito muchas Memorias sobre criaderos españoles; pero ninguna cumple con otras condiciones que las que nos es permitido satisfacer a los que de manera tan elemental los llevamos a cabo. Todas hacen descripciones interesantes y detalladas de los yacimientos, como podían hacerse de colecciones de cuadros de un museo, completadas a veces con datos históricos sobre su aprovechamiento por los antiguos (fenicios, romanos o cartagineses); condición que muchos juzgan necesaria como presagio favorable de cualquier buen negocio, precedidas de descripciones orográficas, hidrográficas y estratigráficas, rara vez tectónicas, de los terrenos en que aquéllos se hallan, sin deducir consecuencia alguna respecto a la relación que entre todos estos elementos de juicio existen, sin dar jamás ninguna pauta respecto a los problemas de Metalogenia que en todos los distritos mineros constantemente se plantean como consecuencia de su laboreo, llegando en caso extremo a

la exposición de teorías diversas sobre su génesis, sin aceptar resueltamente ninguna.

Pero no es posible exigir por esto responsabilidad a los Ingenieros españoles: cabe culpar, si acaso, al Estado, que hasta muy recientemente no ha proporcionado medios para hacer eficaces estos estudios; ni siquiera supo estimularnos a seguir este camino en nuestras escuelas, en donde hemos estado sometidos, hasta hace muy pocos años, a métodos arcaicos, que sólo han engendrado incrédulos respecto a las aplicaciones de la Geología, de la que ésta, la Metalogenia, podía decirse es para nosotros, por su importancia, casi su exclusivo fin.

En cuanto a las otras cuestiones que antes indiqué, las que se refieren a las industrias metalúrgicas y derivadas, no he de hacer aquí más que ligeras consideraciones; no habiendo sido otro mi propósito al acudir a este Congreso, como ya os he manifestado, que el hacer notar la importancia e interés que ofrece el distrito minero de Cartagena por su producción y por las aplicaciones industriales de sus minerales; distrito tan interesante como desconocido u olvidado, a pesar de que todavía constituye una importante reserva para la riqueza española, que ha debido ser, y es tiempo aún de conseguir que lo sea, fuente de florecientes industrias.

Los primeros problemas exigen gran capital y conocimientos especiales; y ya he expuesto y razonado mi opinión, que es que no podrán ser resueltos ni aun por Empresas poderosas.

Los segundos problemas, los de Metalurgia y elaboración de metales y productos químicos, se refieren principalmente a la desplatación del plomo, fabricación de planchas, tubos, perdigones, etcétera; a la fabricación y elaboración del cinc, pinturas de este metal y del primero y a la obtención del lingote de hierro y el ferromanganeso.

La Metalurgia del plomo se lleva a cabo en Cartagena en toda su extensión, hasta el punto de fundir toda la producción de galena de Cartagena y 30.000 toneladas más, que se traen de Linares, La Carolina, Sierra de Lúcar, Mazarrón y otros distritos muy alejados; pues se ha llegado a importar minerales de Australia y Tasmania.

La fundición se realiza en cuatro fábricas; dos de ellas, las de mayor capacidad, pertenecientes a sociedades extranjeras, puestas de acuerdo para ejercer un monopolio e imponer precios y tarifas; lo que desfavorece notablemente el laboreo y tiende a la paralización total de las minas que vienen disfrutando los criaderos de este mineral.

Se han preconizado diversos medios para crear un mercado de plo-

mos en España, con precio propio; lo que parece lógico, puesto que somos el segundo país en la escala de productores de este metal con un 20 por 100 de la producción total del Mundo; y se pretende lograrlo con el auxilio del Estado; es decir, estableciendo una tasa, almacenando la producción y obteniendo de los Bancos, con la garantía de éste, créditos para continuar el laboreo; pero hay que abrir los ojos a la realidad y comprender que todos estos artificios no pueden tener más que un efecto momentáneo. El monopolio de los fundidores de Cartagena no podrá destruirse sino con la fundación de una cooperativa de mineros para fundir sus propios minerales; y la posibilidad de tener mercado de plomos exige que haya compradores en España; es decir, que se haga la total desplatación de los plomos de obra, su elaboración después a precios que permitan su exportación, en competencia con los de otros países. El Estado alemán ha conseguido este efecto subvencionando a sus industrias, para permitir vender sus productos a precios inferiores a su coste. En nuestro país es un obstáculo para el abaratamiento del coste el precio de los transportes y de los carbones, y es necesario llegar a dar una solución a estos problemas, si el desarrollo de nuestras industrias ha de alcanzar el grado de que son susceptibles. En Cartagena podría quizá darse para esto una solución coquizando los carbones ingleses. El cok resultante tendría aplicación, no sólo a la Metalurgia del plomo, sino también a los altos hornos, y los gases de aquélla y de éstos ayudarían a los gastos de la nueva industria siderúrgica, empleándolos en la generación de fuerza eléctrica; fuerza que tiene allí extenso mercado en la Minería, la Metalurgia y la Agricultura. Sobre este punto, dejando aparte la indicación hecha sobre la conveniencia de instalar altos hornos, no creo que sea necesario insistir.

En cuanto a esta nueva industria, debo limitarme a decir que hace pocos años que empezó la explotación de hierros en aquella sierra sobre masas muy diseminadas, en las que pudieran cubicarse 20 a 25 millones de toneladas, bien de hierros secos, bien manganesíferos, y de unos y otros van extraídos unos 15 millones; siendo oportuno hacer notar, para demostraros hasta qué punto estamos allí atrasados y olvidamos los verdaderos principios de Economía en que se funda la creación de industrias prósperas, por estar racionalmente organizadas, que estos minerales se exportan y embarcan sin cargaderos mecánicos, habiendo perdido los explotadores de hierros por este concepto, en vista del costo actual del procedimiento arcaico de llevarlo a efecto con capazos elevados a brazo, al borde del muelle o con barcazas, una peseta como mínimum por tonelada, o sea, 15 millones de pesetas; y no hay que olvidar que esta pérdida equivale a un veto para el disfrute de muchos minerales pobres.

La mayoría de los minerales que nos restan son hematites pobres y manganesíferas; pero abundan en la proximidad, en Carrascoy, Rincón de Morales y Peñas Blancas, hierros calizos que permiten la combinación con los primeros, para obtener buen lingote y fundiciones manganesíferas. Hay también hierros abundantes, para dar vida a estas ferrerías, en localidades próximas, como Bacares, Cobdar, Zurgena, Sierra del Pilar, Sierra de Almagro, Bedar, Sierra de Enmedio, Lorca, Purias, Tebar, Morata, Alhama, Almenara, todas comprendidas en un radio máximo de 150 kilómetros, y la mayor parte a menor distancia de 60; y no cuento los criaderos de la provincia de Almería, de la costa de Argelia y de Marruecos.

Pero el problema más transcendental ha tiempo muy discutido por los técnicos e industriales del País es el de la Metalurgia del cinc. Convenimos unánimemente en la necesidad de implantarlo a todo evento; pero algunos desconfían de que sea soportable el aprendizaje que exige tan delicado tratamiento, en que tanto influye la aptitud del personal, por el tiempo indispensable para allanar obstáculos, y también de la posibilidad de aunar voluntades e intereses, a fin de obtener el importante capital que para la implantación de una fábrica de esta especie es necesario.

La transcendencia del problema proviene de que el plomo parece agotarse, siendo substituído en profundidad y alejamiento de ciertos centros de mineralización por el cinc; coligiéndose la probable y más o menos inmediata transformación de aquel distrito en un centro minero exclusivamente productor de este metal.

La compra de los minerales de cinc se hace además por intermediarios coligados para imponer precios muy bajos, que les permite lograr un gran provecho; y claro es que, al hacer el tratamiento metalúrgico en Cartagena, los precios resultarían más ventajosos y el intermediario desaparecería, quedando su ganancia a beneficio del minero.

Pero racionalmente pensando, el beneficio del cinc debe implantarse siempre en el centro productor de carbón, porque exige un gasto de esta materia de 1.650 kilos por término medio, por tonelada de mineral; y claro es que el concepto de transporte se grava en la diferencia del flete de una y otra materia. El material refractario indispensable tendrá también un sobreprecio, y, por último, la complejidad de nuestros minerales dificultará la formación de parvas homogéneas, cuyas escorias no deben deteriorar los crisoles; pero estos obstáculos son más aparentes que reales.

En tiempos corrientes, el flete del carbón de Inglaterra a Cartagena era de 8 francos, y el de la blenda, de este último punto a Amberes, de 9 francos; el transporte de primeras materias resultaría con

aquellos precios 4,20 francos por tonelada más caro; el precio del material refractario aumentaría en el coste del flete, que no es una cifra prohibitiva, suponiendo que no se alcanzase pronto a fabricarlo en España; en cambio, el intermediario obtiene una fuerte comisión que, seguramente, de ser suprimida, dejaría margen sobrado para compensar estas diferencias.

El capitalista no acudirá probablemente a realizar el negocio por las circunstancias dichas, respecto al coste del combustible; pero al minero le tendrá siempre cuenta beneficiar sus propios minerales, más bien que venderlos en la forma que hoy lo hace.

Sería, en mi concepto, la fórmula, para hacer esto viable, la constitución de una gran cooperativa de explotadores de minerales de cinc cuyo capital se obtuviese emitiendo obligaciones con la garantía de las minas; obligaciones cuyos intereses y amortización deberán ser satisfechos preferentemente con los rendimientos de la fabricación, y cuyo sobrante, si existe, deberá prorratearse entre aquéllos en proporción de los minerales que cada uno hubiese entregado para su tratamiento.

Quizá se obviara el inconveniente de la complejidad de las menas y la dificultad de composición de parvas, recurriendo, entre varios procedimientos, al conocido en Inglaterra por *Bisulfit Process*, que, según mis noticias, se practicaba en Swansea en los años anteriores a la guerra. Era un tratamiento sencillo y económico que permitía obtener cinc completamente desprovisto de plomo, que, por su excelente calidad, se pagaba en Londres antes de aquella fecha de una a tres libras más caro que el cinc corriente, y permitía aprovechar separaradamente aquel metal a la vez que la plata y el cobre que suelen acompañarle, sumando el importe de su valor a la mejora del precio del cinc resultante; es decir, que no sólo se remediaría el defecto, sino que se aumentaría el rendimiento, aunque el capital de instalación hubiese de ser mayor.

No hay que olvidar tampoco que la desulfuración de las blendas, operación previa en este tratamiento, constituye otro negocio, que se funda en la fabricación de ácido sulfúrico y superfosfatos; si bien estos últimos tienen un límite en su producción en el mercado regional, cuya extensión depende de las facilidades de transporte.

No pretendo con lo dicho dar por resuelta esta cuestión, sino presentarla como una empresa factible, digna de estudio, por la importancia que ofrece para aquel distrito, cuya defensa me obliga a venir aquí a exponeros estas modestas consideraciones.

Debo dar por suficientemente aclarado, con lo que queda expuesto, el objetivo perseguido en esta comunicación, que puede, en resumen encerrarse en las siguientes

CONCLUSIONES

PRIMERA. El distrito minero de Cartagena experimenta desde hace años una honda crisis que reconoce por principal causa la necesidad de una transformación de los métodos de laboreo y de la organización del trabajo; siendo indispensable, para prolongar la actividad de las minas y continuar la explotación de sus ricos y multiplicados criaderos, el estimular a aquellos pequeños y rutinarios industriales a constituir empresas sobre la base de grandes agrupaciones o cotos, con capital suficiente y plan de trabajo razonado, y con la garantía de firmas técnicas acreditadas. Para lograr esto, bastaría quizá el eximir de todo tributo, por un cierto número de años, a las que en tal forma se constituyesen.

SEGUNDA. Las grandes extensiones de terrenos no explorados que se intercalan entre las zonas removidas por un laboreo relativamente superficial, que comprende más de 4.000 hectáreas, casi un tercio de la totalidad del distrito, y aun estas mismas a mayor profundidad, hacen concebir grandes esperanzas por sus caracteres geognósticos, tectónicos y metalogénicos, y constituyen una importante reserva de minerales de cinc, plomo, cobre y estaño, especialmente de los dos primeros. Sin embargo, su naturaleza da lugar a problemas complejos que no pueden ser resueltos por iniciativa privada, a la par que, por la inseguridad de sus resultados y el coste de las labores o sondeos indispensables, no habrán de ser investigados por los particulares sino en un plazo muy largo defectuosa y fortuitamente. El Estado debe hacer el estudio de aquellos criaderos con toda la minuciosidad que exigen los métodos modernos que le prestan la Mineralogía y Mineralografía, la Petrología y la Química, y concluir por hacer su investigación; sin perjuicio de venir a participar, en la forma que se considere más equitativa, de los beneficios que obtengan aquellos a quienes corresponda disfrutar la riqueza que se descubra.

TERCERA. Deberá el Estado también subvencionar, en la forma más eficaz y apropiada, la creación de nuevas industrias metalúrgicas y sus derivadas, garantizando, por ejemplo, el interés de las acciones u obligaciones que emita toda Empresa creada para este fin con reconocida responsabilidad técnica o pecuniaria.

Es un deber de los técnicos especialistas desvanecer las preocupaciones que padecemos la generalidad de los españoles, sin exceptuar a nuestros gobernantes, sobre el concepto de la INDUSTRIA MINERA,

suponiéndola una indefinida reserva de recursos para ayudar a nivelar los Presupuestos del Estado; o bien los que, reconociendo nuestro atraso, pretenden contrarrestar la pérdida de riqueza que origina la exportación de nuestras primeras materias al Extranjero, estimulando la creación de industrias metalúrgicas y sus derivadas por medio de impuestos prohibitivos sobre aquélla.

Muerto el espíritu de asociación por las viejas leyes de minas aun vigentes, excesivamente liberales para estos tiempos, y con más razón para la época en que se promulgaron, ahuyentando el capital español hacia otras empresas más seguras o menos aleatorias, no podrá ponerse a ello remedio con medidas restrictivas, sino concediendo auxilios o primas al beneficio de los metales y a la elaboración y aplicación de los mismos, no sólo para garantizar las ganancias del capital dedicado a este trabajo, sino para hacer viable la competencia de los productos de su elaboración con los extranjeros en nuestros mercados o en los de otras naciones, puesto que el consumo, en el País, de los metales más abundantes (el cinc, el plomo y el hierro) es notablemente inferior a lo que de ellos producimos.

Este primer CONGRESO ESPAÑOL DE INGENIERÍA, que se reúne en los comienzos de una nueva era, que quiera Dios podamos llamarle ERA DE LA PAZ Y DE LAS GRANDEZAS DEL PROGRESO, no puede entregar al olvido, sin caer en una grave responsabilidad, la solución de problemas tan transcendentales como estos para el engrandecimiento futuro de la Nación española; y me permitiréis que insista tanto en este concepto; pues pienso que los que vivís dedicados a la Enseñanza o a la Ciencia pura os halláis abstraídos de los hechos vulgares; así como los que estáis sometidos por vuestros cargos a los trámites burocráticos os encontráis excesivamente identificados con los principios que inspiraron nuestras leyes mineras, y habéis de hacer, con justo derecho, la defensa del pasado; y unos y otros experimentáis un cierto recelo respecto al sentir de los que, aferrados a nuestras ocupaciones industriales, suponéis que, análogamente, concebimos la virtualidad de nuestros problemas sólo por las realidades que nos circundan."

Las conclusiones propuestas por el Sr. Guardiola son aprobadas.

El Sr. MENENDEZ Y PUGET (D. Laureano), Ingeniero de Minas, lee una comunicación que dice así:

"ESTUDIO SOBRE UN PROCEDIMIENTO DE UTILIZACION DE FOSFATOS NATURALES

Por D. Laureano Menéndez y Puget, *Ingeniero de Minas.*

El problema de los abonos en España, cuya importancia para la Agricultura nacional es extraordinaria, me ha llevado a practicar algunas experiencias, que, aunque no de gran novedad, creo tengan algún interés y merezcan el del Congreso de Ingeniería.

Estas experiencias las he hecho sobre fosfatos de Argelia y Túnez, que son los que principalmente se prestan a ello. También he operado sobre calizas fosfatíferas de España y sobre los fosfatos de Cáceres; sobre estos últimos más como curiosidad científica que como cosa práctica.

Fosfatos del norte africano.

Estos fosfatos, de cuyos yacimientos he estudiado los de Tadjeruine, Jebel Houde y Majouba Zita, se encuentran en la base del eoceno inferior, estando sus capas entre las margas negras con silex, que separan aquel terreno del cretáceo y la caliza numulítica. Están constituídos por pequeños granos de forma redondeada y color obscuro, que, unidos por un cemento calizo, dan origen a una roca friable, en la cual se encuentran con mucha frecuencia restos de animales (dientes, etcétera). La roca, cuyo color varía desde el gris claro al negruzco, es reconocida con facilidad por los indígenas; pues frotadas una piedra con otra, despiden un olor algo parecido al del asfalto; olor debido a la materia orgánica que contienen, de la cual, en algunos fosfatos, una pequeña parte es soluble en sulfuro de carbón.

Estos pequeños granos, cuya riqueza en fosfato tricálcico varía con su tamaño, y en esto está fundado el método de enriquecimiento que hemos experimentado, están formados por un núcleo de carbonato de cal, alrededor del cual se encuentra el fosfato que las aguas no han disuelto y el que éstas llevaban en disolución, y ha substituído al carbonato de cal, enriqueciendo de esta manera la caliza fosfatífera. Para comprobarlo, hemos separado los granos que quedan sobre el tamiz de 100 (1) de un fosfato del Kouif que ha pasado por el molino Kent para su transformación en superfosfato. Estos granos acusaron una riqueza de 69,60 por 100 de fosfato tricálcico, y tratados con ácido clorhídrico sumamente diluído para disolver la capa superficial de car-

(1) Al citar mallas de tamices, nos referimos a la numeración francesa.

bonato de cal, después de algún tiempo de digestión, secos y analizados, dieron el 72,83 por 100; enriquecimiento que demuestra nuestra proposición. Por otra parte, no hemos conseguido encontrar granos cuya riqueza excediera del 75 a 80 por 100 de tricálcico; lo que comprueba la existencia del núcleo alrededor del cual se encuentra el fosfato tricálcico.

Enriquecimientos y solubilidad de los fosfatos de cal.

Como indicamos anteriormente, la riqueza de los nódulos de fosfato varía en razón directa de su tamaño, al paso que su solubilidad en ácidos orgánicos muy débiles varía en razón inversa del mismo, no por ser distinta la constitución de estos nódulos, sino exclusivamente debido a su mayor superficie de ataque.

Por consiguiente, con tamizados del fosfato, después de pasado éste por el molino, podemos obtener, por un lado, clases más ricas que pueden emplearse en la fabricación de superfosfatos de graduaciones altas, que son los más apreciados por los labradores, y las clases más finas, cuya solubilidad en los ácidos orgánicos muy débiles es mayor, y, por consiguiente, son fácilmente asimilables al ser disueltas por los jugos ácidos de las raicillas de las plantas, ser empleadas directamente sin transformación en superfosfatos. Este empleo de los fosfatos finamente divididos no es ninguna novedad; pues antes de que Liébig, en 1857, diese a conocer los fosfatos atacados por el ácido sulfúrico llamados superfosfatos, ya, en 1841, se empleaban en Francia los fosfatos de origen orgánico, pero atribuyendo sus buenos resultados al nitrógeno que contenían; y, en 1848, M. de Panies empleó fosfatos del cretáceo inferior, demostrando que su eficacia era debida al ácido fosfórico y no al nitrógeno. Pero aunque el empleo de estos fosfatos no es una novedad, como esta manera de empleo ha caído en desuso, quiero llamar la atención acerca de la solubilidad de ciertos fosfatos; pues algunos, cuya poca riqueza no permite su transformación en superfosfatos, serían acaso muy útiles y suministrarían a nuestros terrenos una buena cantidad de ácido fosfórico fácilmente asimilable.

En las experiencias de solubilidad de los distintos fosfatos, hemos empleado como disolvente una solución de ácido cítrico al 2 por 100, manteniendo el fosfato en agitación y en contacto con el disolvente durante treinta minutos.

La pequeña acidez de esta solución es comparable a la de los jugos de los pelos radicales de algunos vegetales, y, por consiguiente, los fosfatos solubles en ellas serán fácilmente asimilables; pues, aparte de estos jugos ácidos, las aguas cargadas de ácido carbónico y la materia orgánica de la tierra contribuyen grandemente a su solubilidad.

Fosfatos del Kouif.

Estos fosfatos, que contienen muy poca sílice (entre uno y dos por ciento), después de pasados por el molino para su transformación en superfosfato, dan nódulos de distinto tamaño en la siguiente proporción:

PROPORCIÓN DE LOS NÓDULOS QUEDADOS SOBRE LOS DISTINTOS TAMICES

Sobre el tamiz de 100	41,90	por 100
— — de 120	28,32	—
— — de 160	8,36	—
— — de 200	3,75	—
Pasado el tamiz de 200...........	17,63	—

La riqueza de estos nódulos sobre seco, partiendo de un fosfato con el 66,43 por 100 de fosfato tricálcico, es la siguiente:

RIQUEZA DE LOS NÓDULOS QUEDADOS SOBRE LOS DISTINTOS TAMICES

	Anhidrido fosfórico.	Fosfato tricálcico.
Sobre el tamiz de 100...	31,87 por 100	69,60 por 100
— — de 120...	29,88 —	65,25 —
— — de 160...	29,67 —	64,80 —
— — de 200...	28,48 —	62,20 —
Pasado el tamiz de 200.	27,78 —	60,67 —

Estos nódulos, por su distinto estado de división, no se disuelven igualmente en el ácido cítrico, y la proporción en que lo hace su anhidrido fosfórico con respecto al total que contiene es la siguiente:

SOLUBILIDAD DE LOS NÓDULOS QUEDADOS SOBRE LOS DISTINTOS TAMICES, EN ÁCIDO CÍTRICO AL 2 POR 100 Y TREINTA MINUTOS EN AGITACIÓN

Sobre el tamiz de 100, P^2O^5 solubilizado......	36,64	por 100
— — de 120 — —	49,50	—
— — de 160 — —	49,88	—
— — de 200 — —	56,29	—
Pasado el tamiz de 200 — —	60,66	—

Por consiguiente, tenemos un 42 por 100 de nódulos con los cuales se puede fabricar superfosfato con un 18 a 20 por 100 de anhidrido fosfórico soluble al agua y citrato, y un 17,5 por 100 de nódulos que han pasado por el tamiz de 200, y que tiene el 15 al 16 por 100 de anhidrido fosfórico soluble en cítrico al 2 por 100, y, por consiguiente, fácilmente asimilable, quedándole un 11 por 100 de anhidrido fosfórico como reserva y demás lenta disolución, pero que siempre queda en el terreno como energía acumulada.

Con el 40 por 100 de nódulos que quedan sobre los tamices de 120, 160 y 200, se pueden fabricar superfosfatos de graduaciones inferiores (16/18), o bien llevarlos otra vez al molino hasta que pasen por el tamiz de 200 para emplearlos directamente con el 16 al 17 por 100 de anhidrido fosfórico soluble en cítrico al 2 por 100.

Fosfatos de Túnez.

Estos fosfatos tienen también muy poca sílice, y su aspecto es muy parecido al de los del Kouif.

Sobre los distintos tamices, dejan nódulos en la siguiente proporción:

Sobre el tamiz de 80	14,90	por 100
— — de 100	18,06	—
— — de 120	5,23	—
— — de 160	12,86	—
— — de 200	29,00	—
Pasado el tamiz de 200............	19,94	—

La riqueza de estos nódulos sobre seco, partiendo de un fosfato del 63,43 por 100 de fosfato tricálcico, es la siguiente:

	Anhidrido fosfórico.		Fosfato tricálcico.	
Sobre el tamiz de 80...	31,70	por 100	69,22	por 100
— — de 100...	31,62	—	69,05	—
— — de 120...	30,96	—	67,61	—
— — de 160...	30,94	—	67,56	—
— — de 200...	30,80	—	67,26	—
Pasado el tamiz de 200...	27,26	—	59,53	—

SOLUBILIDAD EN CÍTRICO AL 2 POR 100 Y TREINTA MINUTOS EN AGITACIÓN DE LOS NÓDULOS QUEDADOS SOBRE LOS DISTINTOS TAMICES

Sobre el tamiz de 80	42,13	por 100
— — de 100	48,09	—
— — de 120	51,97	—
— — de 160	56,83	—
— — de 200	57,04	—
Pasado el tamiz de 200............	63,70	—

Este fosfato es algo más soluble que el del Kouif, y nos da con los nódulos que quedan sobre los tamices de 80 y 100 un 33 por 100 de nódulos, con una riqueza media de 31,63 por 100 de P^2O^5, que pueden dar superfosfatos del 18/20 por 100 y un 13 por 100 de nódulos que pasan por el tamiz de 200, y que tienen el 16 a 17 por 100 de P^2O^5 soluble en cítrico al 2 por 100, quedando un 10 por 100 en reserva en el terreno.

Con el 54 por 100 restante de nódulos que se quedan sobre los tamices de 120, 160 y 200, podemos, como en el caso anterior del Kouif, fabricar superfosfato 16/18 ó llevarlos nuevamente al molino hasta que pasen por el tamiz de 200 para emplearlos directamente con el 18 al 19 por 100 de P^2O^5 soluble en cítrico al 2 por 100.

Fosfatos de M'Zaita.

Estos fosfatos, que contienen más sílice (alrededor de un 16 por 100), no se prestan al enriquecimiento; pues, en efecto, aunque los granos de estos fosfatos siguen la ley general, es decir, más ricos cuanto más grandes son, como los trozos de sílice ofrecen gran resistencia a ser triturados por el molino, los nódulos gruesos de fosfato, o sean, los más ricos, vienen empobrecidos por la mayor cantidad de sílice, quedando contrarrestada su mayor riqueza en fosfatos por su mayor ley en sílice.

NÓDULOS QUE QUEDAN SOBRE LOS DISTINTOS TAMICES

Sobre el tamiz de 80	11,95	por 100
— — de 100	38,91	—
— — de 120	6,52	—
— — de 160	22,82	—
— — de 200	6,52	—
Pasado el tamiz de 200............	13,04	—

Partiendo de un fosfato con el 58,07 de tricálcico y el 15,46 por 100 de sílice, obtenemos la siguiente riqueza para los distintos tamaños:

	Anhidrido fosfórico.	Fosfato tricálcico.
Sobre el tamiz de 80...	27,19 por 100	59,38 por 100
— — de 100...	27,45 —	59,94 —
— — de 120...	26,57 —	58,02 —
— — de 160...	25,96 —	56,69 —
— — de 200...	25,68 —	56,08 —
Pasado el tamiz de 200...	26,56 —	58,00 —

La solubilidad en cítrico al 2 por 100 y treinta minutos en agitación de los nódulos quedados sobre los distintos tamices es la siguiente:

Sobre el tamiz de 80	23,24 por 100
— — de 100	29,80 —
— — de 120	37,29 —
— — de 160	37,50 —
— — de 200	38,20 —
Pasado el tamiz de 200............	44,36 —

Este fosfato es menos soluble en cítrico que los anteriores. Sin embargo, se pueden emplear los nódulos que pasan por el tamiz de 200 directamente, con un 11,68 por 100 de P^2O^5 fácilmente asimilable, y el resto, en reserva; y los otros nódulos, o bien utilizarlos en la fabricación de superfosfato 15/17, o pasarlos otra vez por el molino y utilizarlos directamente.

Estos tres fosfatos representan perfectamente los tipos de fosfato del norte africano, y, como se ve, sobre todo, los dos primeramente estudiados, se prestan a ser utilizados directamente.

Como consecuencia de estas experiencias, ya hay un proyecto para la construcción en Saint-Louis Du-Rhon de un taller de pulverizado del fosfato del Kouif, 58/63, para obtener, por una parte, fosfato 63/68, y por otra, "fosfato agrícola asimilable".

Fosfatos de España.—Logrosán.

Estos fosfatos, de origen filoniano antiguo (Edad Primaria), se presentan en masas compactas de bastante dureza, y su composición es uniforme; por consiguiente, no es posible su enriquecimiento por tamaños, fundado en la mayor riqueza de los granos gruesos; antes bien,

en algunos ricos en sílice, por la mayor resistencia de ésta a ser pulverizada en el molino, se efectúa, por el tamizado, un enriquecimiento de las clases finas; así, en un fosfato de 74,84 por 100 de tricálcico obtenemos los siguientes resultados:

	Anhidrido fosfórico.	Fosfato tricálcico.	Sílice.
Sobre el tamiz de 100.......	32,77 por 100	71,56 por 100	17,60 por 100
— — de 120.......	33,83 —	73,88 —	16,80 —
— — de 160.......	33,67 —	73,53 —	15,83 —
— — de 200.......	34,22 —	74,73 —	14,79 —
Pasado el tamiz de 200.....	36,64 —	80,01 —	10,77 —

Donde vemos que hay un enriquecimiento en fosfato de las clases finas, debido a su empobrecimiento en sílice.

La solubilidad en cítrico al 2 por 100 y en agitación durante treinta minutos de las distintas clases es la siguiente:

Sobre el tamiz de 100	5,40 por 100
— — de 120	5,43 —
— — de 160	5,85 —
— — de 200	7,16 —
Pasado el tamiz de 200............	10,88 —

Este fosfato, al igual de los de formaciones antiguas, es muy poco soluble en ácidos orgánicos débiles, y como, por otra parte, su riqueza en tricálcico es muy grande, no tiene interés la separación en tamaños.

Pero, aparte de estos fosfatos ricos de origen filoniano, tenemos en España diseminados por distintos puntos de la Península (Córdoba, Navarra, etcétera) calizas fosfatíferas cuya riqueza en ácido fosfórico (10 al 15 por 100) y carbonato de cal, no permiten su transformación económica en superfosfatos, y, en cambio, finamente pulverizados, contienen un 60 a un 65 por 100 de su anhidrido fosfórico soluble en ácidos orgánicos débiles.

CONCLUSION

De las anteriores manifestaciones se deduce que determinados fosfatos, dada su solubilidad en ácidos orgánicos diluídos, pudieran, al par que experimentar un enriquecimiento, ser empleados directamente, volviendo a las antiguas prácticas, en buenas condiciones económicas. Y por lo que respecta a los fosfatos de España, muchas calizas fosfatífe-

ras que por su pequeña ley no pueden transformarse en superfosfatos, debieran, con mucha ventaja, ser utilizadas también directamente, salvando en parte nuestro déficit de ácido fosfórico."

La conclusión propuesta en el interesantísimo trabajo que antecede es aprobada.

Leída por su autor, el Sr. GIL CAMPORRO (D. Enrique), una Memoria sobre "Un extenso coto minero de cobre en los Altos Pirineos de la provincia de Huesca", se ponen a discusión las conclusiones del trabajo, que dice así:

"PROTECCION QUE DEBE PRESTARSE POR EL ESTADO A LAS EXPLORACIONES Y CONSIGUIENTES EXPLOTACIONES MINERAS EN REGIONES INCOMUNICADAS

Por D. Enrique Gil Camporro, *Ingeniero Industrial.*

Es un hecho indudable que el suelo español esconde una riqueza minera superior a cualquiera otra riqueza nacional. España es, pues, eminentemente minera, ya que su mayor riqueza, la capaz de rendir a la Economía nacional mayores tributos, es la que se esconde en su subsuelo.

Contadísimas son las provincias españolas donde no se descubran vestigios de sus antiquísimas exploraciones, que, denunciando evidentes pruebas de las explotaciones celtibéricas y romanas, van disminuyendo a medida que la civilización tuvo en cuenta las distancias y contó con el transporte como medio mercantil por excelencia.

Hoy, los yacimientos que han tenido la fortuna de encontrarse situados próximos a centros de consumo, o lindantes con vías de comunicación, han merecido los honores del moderno laboreo; y ni la iniciativa oficial, ni el estímulo del lucro particular, han intentado crear vía para la riqueza, sino crear riqueza para la vía, olvidando la gran verdad de que la distribución de las riquezas minerales de nuestro suelo no obedeció a ley alguna de comunicación, y que las leyes que deben seguir los planes de comunicación de una nación bien organizada son precisamente las que indican los puntos de mayor productividad, del mismo modo que para encauzar un fuerte curso de aguas es preciso elegir buenos tributarios.

Una rápida mirada a la historia de la Marina española nos convencerá de nuestro aserto. De aquellas cantidades fabulosas de oro y plata, principalmente, que los romanos nos cuentan extraían de las montañas de Osca y de los montes de Galicia, ¿qué vestigios tenemos? En

cambio, los que las historias romanas nos cuentan extraídos de la que hoy es provincia de Ciudad Real tenemos noticias evidentes. Pero olvidamos que esta última provincia, situada en el centro de la Península, era de fácil exploración: "los transportes no mataban el negocio".

¿Qué sería de Linares, de Hiendelaencina, de Ríotinto, de Cartagena, de Bilbao si sus yacimientos, en vez de aflorar en regiones hospitalarias, hubieran aflorado entre los riscos incomunicados del Pirineo?

Este es nuestro lema: poner en evidencia la injusticia oficial, el delito de lesa patria que comete el Estado condenando a la inacción y esterilizando importantísimas fuentes de riqueza patria.

Hemos de limitarnos a un perímetro que no por lo reducido es el menos desgraciado en protección oficial, ni menos rico que los de mayor fama de la Península. A ese rincón del solar español hemos dedicado todos nuestros esfuerzos: en él hemos enterrado medios de fortuna e ilusiones, y a él, por lo tanto, que ha ocupado la mayor parte de nuestra existencia, nos podemos sólo referir.

En la provincia de Huesca, limitado al Norte por la línea fronteriza con la República francesa; por el Este, con el río Noguera Ribagorzana (límite con Cataluña), y por el Oeste, con el río Gállego, y distando por el Sur 70 kilómetros de la línea férrea del Norte de España, existe un perímetro dentro del cual contamos los yacimientos inactivos siguientes:

Calcopiritas, con la ley media de 30 por 100 de cobre metálico, en los términos de Bone, Castanesa, Laspaules y Castejón de Sos; yacimiento hoy, en parte, cubierto por registros que suman setecientas pertenencias mineras, y que son susceptibles de aumentar a más del doble de las registradas.

Galenas argentíferas, con la ley de 68 a 77 por 100 de plomo y media de 1.600 gramos de plata por tonelada, que afloran por los términos de Sahun y Benasque, y aparecen en los términos de Bielsa, formando los minerales complejos de galena calcopirita y hierro que cubre enorme número de hectáreas, que se aproxima a 6.000.

Níquel y cobalto: Los célebres yacimientos de Gistain, del que se han obtenido minerales del 20 por 100 de cobalto, y 38 por 100 de níquel, sumidos en la inactividad, en espera de protección oficial.

El yacimiento de blenda y galena argentífera del Puerto de Benasque, situado junto a la línea fronteriza con Francia, y en la que aparecen afloramientos de blenda de hasta 12 metros de espesor y de una ley de 58 por 100 de cinc y 200 gramos de plata.

Algunos otros yacimientos de importancia secundaria, pero suscep-

tibles de gran rendimiento el día que una mano piadosa les facilite la movilidad de que hoy están privados.

Todo ello, rodeado de grandes cursos de agua, capaces de producir energía suficiente para adinerar los minerales en los mismos yacimientos y producir la fuerza suficiente para sus arrastres.

Este núcleo importante de riquezas yace abandonado junto a las puertas de una gran nación, de una nación que ansía reconstruirse y progresar, y que siente la necesidad, impuesta por la experiencia, de poseer metales, de no ser tributaria del Extranjero en primeras materias para la Metalurgia.

¿Cuál es el régimen a que el Estado somete a los que en el indicado perímetro consumen sus energías? Podemos sintetizarlo en breves palabras.

Todos los funcionarios del Estado, excepción hecha de la Jefatura de Minas del distrito, que con un celo digno de mejor suerte, se desvive en facilitar la misión del minero, el obstáculo oficial es el primer enemigo del explorador.

El obstruccionismo, en forma de "zona polémica", impidiendo tratar de trazar veredas sin valor ninguno estratégico, o el ramo forestal, inventando perjuicios a arbolados imaginarios, son la traba legendaria; la ambición de los indígenas, exigiendo la indemnización, el remedo de un país donde la miseria debería ser el estigma eterno.

Los organismos del Estado encargados de velar por los intereses nacionales, indicando con sus estadísticas las fuentes de riqueza mineral, nada han hecho o nada han podido hacer.

A la dificultad de la comunicación se unen las de las nieves en aquellas regiones, y el año utilizable para el estudio tiene, por las causas indicadas, apenas cuatro meses, en los cuales las Comisiones oficiales han de estudiar, entre fatigas, subiendo cuestas sin camino alguno practicable, después de emplear largos días en llegar al teatro de sus operaciones.

Si se tiene en cuenta que en la edad moderna no es lógico trabajar entre las incomodidades, máxime tratándose de gentes cultas, se comprenderá el porqué en las Memorias geológicas, ni en los estudios verificados por los centros culturales del Estado, haya apenas datos del perímetro que nos ocupa, o, a lo más, se limitan a negar importancia a lo que allí pueda haber.

Los medios que entendemos necesarios para que este abandono cese son los contenidos en las siguientes

CONCLUSIONES

PRIMERA. Que por las Jefaturas de los distintos distritos mineros se proceda a dictaminar sobre las comarcas en los mismos comprendidas en que existan registros vivos en número mínimum de 100 hectáreas y no sean objeto de explotación, por lo menos, en el 25 por 100 de sus registros.

El dictamen de las Jefaturas deberá contener los siguientes extremos:

a) Ligero estudio geológico, importancia de los afloramientos y probable valor industrial de los yacimientos.

b) Causas que se oponen a su explotación y modo de remediarlas.

SEGUNDA. En vista de estos informes, que deberán redactarse siempre que lo soliciten los registradores de las minas vivas, el Consejo de Minería procederá a declarar "privilegiados" los cotos mineros existentes en las comarcas que por su importancia lo merezcan, y en su consecuencia, le serán otorgados los siguientes beneficios:

a) Derecho de ocupación para apertura de labores, vertedero de escombros, edificios para albergues, depósitos y talleres de todos los terrenos del Estado o Municipio lindantes con las concesiones.

b) Limitar el largo trámite para conseguir autorizaciones del ramo de Guerra, Montes y Servicio Hidrológico, y, en general, todos los que dependan de la Administración general del Estado, a comunicaciones del minero a los centros respectivos, de las obras que se pretenden, y autorización del Centro a quien correspondan concederlas, para que se realicen, limitando al término de un mes, como máximo, el período dentro del cual debe el Centro del Estado respectivo conceder la autorización consiguiente.

c) Subvención por el Estado a todos los ferrocarriles mineros de menos de 100 kilómetros que se consideren precisos para la explotación de una comarca determinada. Dicha subvención debe ser el 50 por 100 de su coste, o asegurando a la Empresa constructora el interés del 6 por 100 al capital invertido.

d) Construcción inmediata de todas las carreteras en el plan general que crucen las comarcas indicadas "privilegiadas", y autorizar a los mineros para colocar en las carreteras raíles para la circulación por ellas de trenes mineros.

TERCERA. Cuando una Empresa o particular justifique tener intereses creados en una comarca por espacio de diez años o más, en el caso de que, en virtud de los privilegios que se concedan a la comarca, efec-

tuara un tercero registros colindantes a los que poseen, tendrá aquélla derecho de preferencia para adquirirlos sobre el solicitante.

Cuarta. Aplicación a las industrias mineras que se creen en los perímetros indicados de todos los beneficios concedidos a la creación de nuevas industrias.

Estas creemos que son las principales garantías que necesitan los heroicos exploradores que han combatido largos años por alumbrar riquezas imposibles de movilizar en la actualidad, y que, en forma de conclusiones, sin otro valor que buscar con ellas la opinión y resolución autorizada de los técnicos especialistas, tenemos el honor de presentar a la importantísima Sección de Minería y Metalurgia del Congreso Nacional de Ingeniería."

Se entabla breve discusión entre los Sres. ALONSO MARTINEZ, RUBIO (D. C.), GULLON y GIL CAMPORRO, referente al carácter general con que deben adoptarse en la Sección conclusiones tan delicadas y difíciles como las propuestas, que representan defensa de intereses particulares.

La PRESIDENCIA propone, en vista de que no hay acuerdo entre los señores mencionados y el Sr. Gil, la formación de una Ponencia, integrada por tres señores Congresistas, y que, una vez de acuerdo, propongan las conclusiones definitivas. La Ponencia queda formada por los Sres. Gil Camporro, Alonso Martínez y Rubio.

Y no habiendo más asuntos de que tratar, se levanta la sesión a la una y media de la tarde.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 19 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y media de la mañana.

Inmediatamente, el Sr. ALVAREZ MENDILUCE (D. Ezequiel) lee un interesante trabajo que, en extracto, es como sigue:

"EDUCACION FINANCIERA DEL INGENIERO ESPAÑOL: TRANSFORMACION QUE DEBIERA SUFRIR LA ASIGNATURA DE "ECONOMIA MINERA Y LEGISLACION DE MINAS" QUE SE ESTUDIA EN LA ESCUELA DE INGENIEROS DE ESTA ESPECIALIDAD. MATERIAS QUE PODRIAN TRATARSE EN ESTA ASIGNATURA.

Por D. E. ALVAREZ MENDILUCE, *Ingeniero de Minas.*

Educación financiera del Ingeniero español.

La educación del Ingeniero español tiene un defecto grande, que es: la deficiencia en las cuestiones económicas. Tan escasa educación recibe el Ingeniero en éstas, y tan poco iniciado está en esta clase de estudios, que generalmente se encuentra sin preparación suficiente para afrontar muchos problemas y para el planteamiento de negocios industriales.

Esto, que siempre ha tenido una importancia grande en el adelanto de la Nación, por estar el fomento y la Economía de ésta relacionados totalmente con la labor de aquél, tiene hoy una transcendencia que cada día adquiere mayor relieve. La guerra que acaba de terminar ha agudizado la lucha económica de la vida y nos ha hecho ver nuestro atraso y deficiencia en muchas industrias. Todos se percatan de la necesidad de prestar mayor atención a estas cuestiones y dejar otras muchas en las que se gastaba inútilmente nuestra actividad, sin ningún resultado práctico.

El Ingeniero español tiene esta deficiencia por dos causas: la primera es que toda la educación en España es escasa en este sentido.

Todos los organismos, instituciones y escuelas tienen este defecto. Hay un atraso general en el trabajo y Economía, y es natural que de ese defecto participe el Ingeniero español. Nos movemos y encauzamos con más facilidad en las cosas teóricas y sentimentales que en las prácticas y económicas; nuestro carácter encaja mejor en aquéllas que en éstas. Así es nuestra psicología, con las ventajas e inconvenientes que ello tenga.

La otra causa, naturalmente, relacionada con la anterior, es: que en nuestras Escuelas de Ingenieros se presta muy poca atención a la educación económica.

En la Escuela de Ingenieros de Minas se estudia de un modo deficiente lo referente a la *Economía minera*: salimos de ella con escasos conocimientos y poco encauzados en estas cuestiones: falta por completo la educación financiera del Ingeniero. Como consecuencia de esto, sucede generalmente que, por no haberse iniciado en estos estudios, muchos Ingenieros pasan toda la vida ajenos a los mismos, como si con ellos nada tuviera que ver lo económico, y sí sólo lo técnico.

Esto es muy lamentable, y todos debemos prestarnos a hacer algo eficaz para corregir este defecto.

El Ingeniero debe encauzar y desarrollar los elementos de riqueza de la Nación, y debe ser un economista, con una educación en este sentido. No sólo debe hacer su labor técnica en la fábrica o en la mina, sino que debe tener criterio en los negocios industriales para proponerlos, lanzarlos y desarrollarlos, orientando y enseñando a personas que, muchas veces, no se deciden a formar una sociedad industrial por desconocimiento y dudas de las probabilidades del negocio. Si el fin del trabajo industrial es la obtención de beneficios, el Ingeniero hace un papel imperfecto desarrollando éste con su técnica si no está atento a este fin y es conocedor de lo que a ello se refiere.

En cualquiera parte de España que visitamos, hasta en los pueblos más pequeños, nos encontramos siempre con personas que hablan de la posibilidad de explotar alguna industria en la localidad; unas veces se trata de alguna mina; otras de la instalación de alguna fábrica para aprovechar algún producto; a veces es un salto de agua o un abastecimiento. Suele ser corriente que pasen años tratando de lo mismo, sin atreverse a afrontar el asunto por desconocimiento de los factores para opinar sobre él, y por dudas y temor a perder su capital. Allá está indicadísima la labor del Ingeniero; orientándolos y moviéndolos a la formación de la sociedad industrial, si cree que el negocio es bueno.

Para esto debe tener educación económica y estar suficientemente preparado. Muchas veces desconocemos las cosas más elementales y

útiles en lo que constituye el fin de nuestra carrera: por ejemplo, los mercados de los minerales; causas que influyen en el alza y baja; si un mineral que se produce en nuestra nación se beneficia en ella o se exporta, y en qué proporción sucede esto. Sabemos poco del comercio de minerales y metales, elementos que avaloran o disminuyen el precio de éstos o imposibilitan su venta y beneficio económico, etcétera.

Propongo que de este Congreso de Ingeniería salga una conclusión votada por los Ingenieros de Minas presentes, *de la necesidad de que en nuestra Escuela se atienda más a la educación económica; y que se transforme la actual asignatura de "Economía minera y legislación de minas", extendiéndola a otras muchas materias sumamente prácticas y útiles de las que hoy nada se estudia.*

A continuación indico algunas materias que podrían tratarse, y se pueden agregar seguramente otras de mucha utilidad. Están expuestas sin orden de relación entre sí; pues mi ánimo no es el presentar un programa, sino el mover los ánimos del Congreso a hacer algo en este sentido.

Algunas materias que podrían tratarse en esta asignatura.

Idea general de la Contabilidad.—Contabilidad por partida doble.—Contabilidad minera.—Constitución de una sociedad.—Sociedades anónimas y comanditarias.—Legislación vigente sobre las mismas.—Contratos de arrendamiento.—Nociones de Estadística.—Estadística minerometalúrgica de España.—Estadística comparada.—Idea general de la producción de minerales y metales en las regiones mineras más importantes.—Centros de consumo y de beneficios de los mismos.—Relación entre éstos, para un abastecimiento, y los centros productores en España y en el Extranjero.—Tratados de comercio en su relación con los minerales y metales.—Aranceles sobre los mismos.—Producción del carbón en España; consumo e importación del mismo.—Clases de nuestros carbones en orden a las necesidades del nuestra industria.—Producción, beneficio y exportación de minerales de hierro y de otras clases en España.—Estado actual de nuestra Siderurgia con relación a la de las otras naciones, desde el punto de vista económico principalmente.—Idea general sobre precios de algunos minerales y metales en los mercados más importantes.—Elementos que avaloran y disminuyen el precio de algunos minerales.—Escalas usadas en algunas ventas.—Revistas más importantes en España donde pueden obtenerse datos económicos sobre minerales y metales.—Revistas extranjeras más importantes.—Modo de entender las cotizaciones y términos usados.—Alguna idea sobre defectos y vicios que, a veces, tienen algunas sociedades industriales, por los que fracasan o tienen una vida económica lángui-

da.—Defectos de origen.—Idem por exceso de capital.—Idem por la desproporción entre la fabricación y los mercados cercanos o necesidades de consumo.—Falta de oportunidad en el planteamiento.—Organización del trabajo en las minas.—Sistema de trabajo aplicable a las distintas operaciones.—Determinación de costos unitarios de obra.—Costos medios de cada operación por tonelada de mineral bruto o en estado de venta.—Rendimiento del obrero en algunos trabajos mineros en España.—Relación de éste y de los gastos de explotación con las otras naciones, etc., etc.

CONCLUSION

El Congreso de Ingeniería acuerda la necesidad de que se transforme la asignatura de "Economía minera y legislación de minas" del programa de la Escuela especial de este ramo de la Ingeniería, extendiéndola a otras muchas materias sumamente útiles y prácticas, de las que se indica una idea en esta Memoria."

El Sr. MASCIAS (D. Eduardo) hace algunas observaciones sobre el anterior trabajo, en el sentido de que éste debe remitirse, para su deliberación, a la Sección 10.ª, que es la encargada de lo referente a enseñanza.

El Sr. ALONSO MARTINEZ interviene para dar su opinión en el sentido de que no procede realizar la propuesta que se hace en el trabajo del Sr. Mendiluce porque muchas materias que indica en su esquema se estudian en las asignaturas que integran el plan de estudios de la Escuela de Minas.

Interviene también el Sr. D'OCON para decir que este asunto se debe tratar en la Sección 10.ª

Rectifican los Sres. MENDILUCE, ALONSO MARTINEZ y MASCIAS, abundando todo ellos en que la enseñanza técnica es hoy deficiente y debe procederse a su inmediata revisión.

El Sr. GULLON, elocuentemente, defiende el actual plan de enseñanza de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, y se extiende en otras consideraciones de carácter pedagógico muy atinadas.

El Sr. PRESIDENTE, recogiendo las diversas ideas emitidas en la discusión, redacta una conclusión al trabajo, que queda aprobada, y dice así:

"Necesidad de que en la Escuela de Minas se dé más amplitud a la enseñanza de las cuestiones económicas en la asignatura de Economía minera."

Después de aprobarse la conclusión anterior, el Vicesecretario, señor MENDIZABAL, da lectura al siguiente trabajo del Sr. Carbonell:

INTENSIFICACION DE LA PRODUCCION MINERA CORDOBESA

Por D. ANTONIO CARBONELL Y TRILLO-FIGUEROA, *Ingeniero de Minas.*

El problema cuyo estudio nos interesa para poder ser planteado requiere, en primer término, descifrar el enigma de si es cierto que la provincia a cuyo estudio nos referimos contiene entre sus estratos geológicos esas menas cuya extracción trata de forzarse: si hay en resumen horizonte al desarrollo de las industrias mineras. Y a esta primera cuestión hemos de responder con una afirmación categórica.

De los yacimientos mineros conocidos en la provincia de Córdoba hasta el día, de aquellos que por su afloramiento están plenamente demostrados, sólo una reducida cantidad de los mismos está en período de actividad.

Fijémonos en los combustibles minerales: La formación geológica del hullero rico, con todas sus rocas características, con todo el cortejo de esas manifestaciones externas que por un cálculo de probabilidades y en comparación con los casos prácticos conocidos nos permite en Minería formarnos una primera idea, vemos que desde Fuenteovejuna sigue a Bélmez, Espiel, Villaharta y Adamuz, y que en más de 70 kilómetros de recorrido sólo se explota en cuatro centros mineros en longitudes que en total no pasan de 10 kilómetros. Ciertamente que en aquellos puntos fué donde las probabilidades en pro del éxito eran las mayores; pero no es menos de notar que el mismo resultado en ellas logrado da un aliciente de que carecían las exploraciones que en lo sucesivo puedan emprenderse en la vasta extensión de terrenos señalada. Podemos, pues, decir, por lo que a tan interesante asunto se refiere, que sólo se explota en la zona carbonífera de Bélmez la séptima parte de la extensión a que se extiende la formación del carbonífero rico de esa mancha geológica.

Aun hay más sobre este punto. ¿Se prolonga la formación hullera de la mancha de Bélmez-Adamuz más allá de la falda del Guadalquivir? En nuestra opinión, todos los elementos de juicio están en pro de una contestación afirmativa. Y téngase presente que estando el carbonífero recubierto por el triásico en las inmediaciones de aquella línea geológica, parece decirnos que el trastorno que ocultó a los estratos hulleros acaeció en los comienzos de la Edad Secundaria o en las postrimerías de la Primaria, y que, por tanto, los estratos ricos quedaron tapados por los materiales de la erosión antes de que esta misma erosión los demoliera y arrasara; y como precisamente esos estratos su-

periores es frecuente que en esta región sean los que acompañan a las capas de hulla de mayores aplicaciones, a las más grasas, se suman mayores alicientes en esa investigación futura.

Ya en la campiña cordobesa queda mucho por hacer sobre este punto. Si el problema de los petróleos del bajo valle del Guadalquivir no está aún resuelto en definitiva, cuanto sobre él se diga tiene un interés elevado para los problemas del porvenir de la Minería cordobesa, ya que con las alineaciones donde se presentan probabilidades del descubrimiento de hidrocarburos en diferentes estados se relacionan las impregnaciones abundantes de las calizas por las ozoqueritas y otro cortejo de fenómenos interesantes.

Las numerosas manchas carboníferas paralelas a la de Bélmez, donde, como en Valdeinfierno, se explotan carbones con más de 8.000 calorías; donde, como en los Hatillos, han quedado al descubierto más de catorce afloramientos de capas antracitosas, o ya, como en otros lugares, aparecen todas las rocas de la formación carbonífera, clásicas en el país, nos demuestran que, por lo que a este particular hace referencia, el problema de la explotación de los combustibles en la provincia de Córdoba tiene en perspectiva un amplio horizonte.

Numerosas son también las minas de galena explotadas y reconocidas en esta provincia. Fuera de la campiña, raro es el término municipal de la Sierra donde no se ha notado la presencia de diferentes líneas de fractura donde encajan yacimientos de esta naturaleza, cuya importancia es, a veces, indiscutible por la correlación de los hechos que pueden establecerse por comparación con yacimientos explotados más o menos intensamente.

Así tenemos la región Oeste de la provincia, donde el precedente más interesante para los yacimientos de galena y blenda argentífera de los términos de Córdoba, Posadas, Almodóvar y Hornachuelos fué la metalización reconocida en la mina "Casiano de Prado", donde el laboreo resultaba remunerador hasta los 650 metros de profundidad, continuando aún a columna rica. Si a ello se unen leyes de hasta 10 kilos de plata por tonelada en los primeros 150 metros y de un kilo de plata a mayor profundidad, se comprende que, dado el escaso número de minas trabajadas en ese campo filoniano, los resultados logrados desde el punto de vista técnico en numerosas minas, como el grupo de "El Injertal", el de "El Tesoro", "Calamón" y "El Rincón", existe aliciente suficiente para esperar que dentro de un régimen proteccionista para la industria minera, como lo reclama la necesidad de levantar el espíritu nacional en tan importante fuente de riqueza para el País, y en todo caso dentro de un régimen que permita vivir a la industria minera fuera de la influencia de las opresiones de un régimen

de *trust,* puede llegarse rápidamente, con grandes probabilidades de éxito, a una elevada cifra para la producción.

Más al norte del término de Hornachuelos, en el de Fuenteovejuna y sus colindantes, penetra la prolongación oriental de la zona plomífera de Azuaga; aparte de minas extraordinariamente ricas de curiosa génesis filoniana, dentro de las roturas e intercalaciones de formaciones ajenas a la carbonífera, como la mina de "Santa Bárbara", en las proximidades de la aldea de Cuenca, las características de los yacimientos plumbosos son las de la región clásica de la Minería nacional indicada, presentándose, como allí, irregularidades en el relleno, grandes alternativas en las columnas metalizadas, poca conexión entre los hechos y las hipótesis; pero lo mismo que en Azuaga la producción de galenas, durante tantos lustros, fluctúa y se sostiene, también aquí se presenta caso análogo.

Toda la mancha carbonífera de Bélmez, tanto en la parte central, como en el campo de la Pava, ya en sus inmediaciones geológicas, como en Mirabueno y numerosos parajes del término de Villaviciosa, en el barranco de la Zambra y otros de los términos de Córdoba y Ovejo, que generalmente tienen sus homólogos en el rumbo NE., como en diferentes parajes del término de Bélmez, en las estribaciones del puerto Calatraveño y, aún más al Sur, ya en el término de Montoro, está cortada por diferentes filones y formaciones diseminadas entre las rocas clásticas, donde la presencia de la galena, en general argentífera, con leyes de uno o dos kilos de plata por tonelada, y alineaciones, ya norteadas, ya normales, que, en ciertos casos, han dado lugar a explotaciones importantes, como las de Mirabuenos, y donde las explotaciones romanas no faltan, indicio de tan relevante interés.

La zona comprendida entre las formaciones carboníferas anotadas y la mancha granítica del Valle de los Pedroches merece, desde el punto de vista que estamos considerando, particular interés, ya que en las inmediaciones de aquel contacto radican los importantísimos grupos mineros de "El Soldado", cuya producción diaria llegó a 300 toneladas de mineral; los de Hinojosa, Fuente la Lancha, Villanueva del Duque, Alcaracejos, continuando las formaciones filonianas comparables por el término de Pozoblanco y Ovejo al de Montoro, en una de las partes más inhospitalarias de la provincia que presenta interesantes problemas por resolver desde el punto de vista minero.

En ella, y en toda la extensión de la mancha hipogénica mencionada, otra serie de afloramientos donde la presencia de la galena es visible demuestran bien a las claras que no es difícil el reconocimiento de masas importantes de ese mineral, si bien hasta el día las explotaciones llevadas a cabo no han dilucidado por completo la cuestión.

Mas, por un lado, la posibilidad de establecer grandes analogías con la zona de fractura de Linares; por otro, la persistencia y desmesurada longitud de los afloramientos, y finalmente, el hecho indudable de que, en ciertos casos, aun por bajo de los 100 metros, continuaba la zona de oxidación de la formación, que no llegó a ser rebasada, nos permiten esperar mucho del porvenir.

La extensión de terrenos comprendida entre las descritas y el límite norte de la provincia también ha sido objeto de importantes trabajos mineros, siendo los principales los del grupo de la Solana de Belalcázar y las minas de las Monjas en Santa Eufemia: si a ello se une la proximidad de otras zonas como las de El Horcajo, la serie de alineaciones filonianas puestas de manifiesto en el terreno, los afloramientos metalizados hallados en muy diferentes puntos, tendremos una serie de datos que, unidos a los precedentemente consignados, nos permiten afirmar el interés indudable que presenta para lo futuro esta provincia desde el punto de vista de Minería, tan clásica en el País como lo es la del plomo.

Al parecer, siguen en interés a las manifestaciones de yacimientos metalíferos anotadas, las cupríferas, sumamente diseminadas, como las precedentemente consignadas.

Es notable la serie de trabajos romanos que sobre las mismas se han reconocido, y entre ellos merecen particular mención los numerosos del término de Hornachuelos, especialmente los que, por las desoladas sierras de San Calixto, cortan el Benajarafe y el Nevalo, y penetran en los términos de Espiel y Villaviciosa; corren otras al sur de la aldea de la Garranchosa, en Fuenteovejuna, y aun en la parte norte del término de Córdoba tienen su representación. Aquí, principalmente, y en el Valle de los Pedroches son más constantes y numerosos estos trabajos; en Cerro Muriano y en toda la canal del río Guadiato, por lo que al primer punto se refiere; en Hinojosa del Duque, en El Viso, en Torrecampo y Dos Torres, por lo que al segundo afecta. Pero ni en el término de Adamuz, ni en el de Montoro, ya en el río Yeguas, faltan importantes trabajos, que tan alta importancia tienen desde el punto de vista minero.

Unas veces se trata de verdaderos filones, de relleno cuarzoso, muy consistente, pero donde las menas tienen leyes de un 14 por 100 por término medio, como sucede en Cerro Muriano; mas en el Valle de los Pedroches, la zona de oxidación profundiza extraordinariamente, y la presencia de la chalcosina, con pureza como quizás no se dé otro ejemplo en la Minería, la de la filipsita y aun la cuprita; el cobre gris y el cobre nativo son minerales corrientes en aquellos filones.

Pero en ciertos lugares, como en el mojón común de Hornachue-

los, Villaviciosa, Posadas y Almodóvar del Río, en Alcornocosas, al este del Nevalo, se aprecia que realmente se trata de una serie de grietas y fisuras que en realidad determinan un amplio campo de fractura, donde el problema minero adquiere mayor interés, si es posible, ya que muy bien pudiera tratarse de grandes tonelajes de ley importante.

Realmente, el problema minero de los cobres en la provincia de Córdoba es de los más interesantes para el técnico, porque esa serie de labores romanas, el hallazgo de yacimientos bien metalizados en el Valle de los Pedroches, en la mina "La Romana", en el Osi, en Cantos Blancos, en Córdoba, en el Cerro Muriano, nos pone en perspectiva de una serie de dilemas, dada la irregularidad de las bolsadas ricas, la dureza del relleno, la cantidad de agua por extraer en ciertos casos y otra serie de factores que complican en estas explotaciones el problema financiero. Por otro lado, las leyes de metales nobles de los minerales de cobre cordobeses han sido poco estudiadas; mas es indudable que en las minas de "El Romano", en Hornachuelos, la cantidad de plata que contienen las menas es elevada; que en el Cerro Muriano los minerales de cobre contienen una pequeña cantidad de oro; que, en síntesis, los técnicos tienen en este asunto gran campo de estudio.

No faltan tampoco en la provincia los minerales de cinc; pero, desde luego, ya en menor proporción que los anteriores; calaminas, aunque en pequeña cantidad, se han encontrado en la sierra de Córdoba, a corta distancia de la capital; blendas en cifra importante se asocian a las galenas en toda la zona de Almodóvar, Posadas y Hornachuelos, y en menor proporción a las de Villaviciosa y Villanueva del Duque.

Los minerales de hierro se presentan en numerosos criaderos diseminados por la Sierra y la campiña; en la primera mencionaremos los yacimientos del término de Hornachuelos, que por la proximidad de la zona del Pedroso y Cerro del Hierro, en la colindante provincia de Sevilla, y por los indicios puestos de manifiesto con las exploraciones realizadas, presentan particular interés. También en la sierra de Córdoba y en la de Santa Eufemia se han anotado algunos crestones de yacimientos de este mineral. Pero en la campiña es donde indudablemente se han cubicado hasta el momento las masas ferruginosas de mayor tonelaje, en los términos de Luque y Priego; siendo de notar la persistencia de los asomos de yacimientos de esta substancia a lo largo del declive de los Prealpes Subbéticos, hacia el valle del Guadalquivir, y aun en los contactos visibles de las margas irisadas del trías con las calizas del Muschelckal, especialmente en el término de Baena.

Y así sucesivamente podríamos ir enumerando la zona de bismutos que por Villaviciosa de Córdoba, Torrecampo, Conquista y Montoro ha

dado lugar a una explotación metalúrgica en esta provincia, la del volfrán, que, además de salpicarse dentro de los términos últimamente enumerados, tiene particular interés en la parte sur del término de Montoro, donde, en la mina "La Sorpresa", se llegaron a extraer hasta 500 toneladas de volfrán y 300 de chelita, la presencia de los minerales radioactivos en minas de minerales complejos situadas al norte de Córdoba, en la canal del Guadiato y en una chacolita en Fuenteovejuna; lo que, unido a la zona de micas que desde Badajoz, por Hornachuelos y Fuenteovejuna, corre hasta el término de Villaviciosa, como elementos de una pegmática explotable por feldespato, donde el hierro cromado ha sido reconocido; a la existencia de la molibdenita y molibdita, en el término de Obejo; a los abundantes yacimientos de barita, indicios de grafito, etcétera, nos permiten formarnos una idea de la riqueza de esta provincia desde el punto de vista minero, que, teniendo en cuenta su importancia en el momento, es indudable que le está reservado un porvenir brillante.

Conviene ahora echar una rápida ojeada sobre las dificultades con que tropieza por ahora el desarrollo de la industria minera de Córdoba, ya que la intensificación de la producción de la misma estribará en facilitar y allanar esos inconvenientes que se tocan en el momento, y, al mismo tiempo, en facilitar el descubrimiento de esa riqueza minera que hoy sospechamos por sus indicios, a fin de despejar por completo nuevos horizontes para la industria minerometalúrgica de la provincia.

Ante todo, es indudable que la razón de utilidad pública se opone a la conservación indefinida de las concesiones mineras paradas: ya sea por la aprobación del Código minero, ya por las disposiciones oficiales que procedan, no hemos de tardar en ver que se aplica a nuestro régimen minero aquella razón fundamental a que aludimos, y no hemos de tardar en ver que el acaparamiento de la riqueza minera parada, oponiéndose al desarrollo general del País, está en pugna con razones fundamentales de existencia, y ha de desaparecer por el convencimiento de la masa general o por la imposición.

La revisión de las tarifas ferroviarias, por lo que afecta al transporte de minerales, debe ser realizada en esta provincia; pero no haciendo de ella una mera fórmula, sino adaptándolas a las necesidades de la Industria, ya que es incomprensible que, en ciertos casos, por carreteras paralelas a las líneas de ferrocarril, se transporten nuestros minerales en carros, y ya que es incomprensible que en una provincia carbonera se queme leña en los hogares de las calderas porque el porte

por ferrocarril del carbón de Bélmez no compense el empleo de este combustible.

Ahora que diferentes líneas de conducción de energía eléctrica van a cruzar los términos municipales más importantes, procede, puesto que estamos a tiempo, facilitar el suministro de flúido a la industria minera, lo que, antes de la adjudicación, está en manos del Estado.

El problema del consorcio de mineros y metalúrgicos de plomo a resolver en toda España afecta de una manera especial a esta provincia, que de un modo especial debe concurrir al debate de esa interesantísima cuestión, hoy sobre el terreno.

Algunas obras públicas son de indispensable ejecución: el ferrocarril carbonero de Valdeinfierno a Bélmez y la electrificación del ramal de los ferrocariles Andaluces de Córdoba a Bélmez, son dos proyectos que deben ser llevados rápidamente a la práctica; su importancia es enorme para esta provincia, ya que despejaría el problema del abastecimiento de carbones del sur de España por medio de la producción de la cuenca de Bélmez, la salida de los productos metalúrgicos e industriales elaborados en las fábricas de Peñarroya, y, a la vez, haría posible la salida metódica de la producción de abonos de aquel importante centro en pro de los intereses generales de la Agricultura en el valle del Guadalquivir.

La Jefatura de Minas de Córdoba recomendó hace años la construcción de un ferrocarril minero que subía cortando todo el término de Hornachuelos, el cual facilitaba el acceso de las manchas carboníferas situadas al norte de éste a la línea general de Madrid a Sevilla; proyecto que no pasó adelante, a pesar de que con él se facilitaba la comunicación a una rica zona minera apenas explotada.

Prescindiendo de que aun el mismo mapa geológico de la provincia está por hacer, de que su estudio mineralógico y minero está por intentar y de que faltan en consecuencia antecedentes y elementos de juicio para que el industrial venga a estudiar el problema de las explotaciones mineras en la provincia de Córdoba con el conocimiento de causa necesario, es indudable que, en el momento, diferentes problemas de un interés capital para la Minería nacional reclaman el auxilio del Estado.

Se sabe que la cuenca minera de Bélmez sigue hasta la falla del Guadalquivir; se sabe que las capas de carbón, con sus afloramientos bien definidos, continúan hasta Adamuz, donde se ocultan bajo el triásico; está admitido la continuidad de las formaciones paleozoicas bajo

las formaciones terciarias del valle de aquel río. Indiscutiblemente, disponiendo el Estado de trenes de sondeo, siendo en el sur de España la densidad de la producción hullera muy inferior a la densidad de la producción industrial, que, dada la falta de fuentes de energía, no encuentra medio propicio para su desarrollo; a pesar de progresar dentro de un ambiente favorable, teniendo el Estado la facultad de poder disponer de terrenos que no estuvieran denunciados, siendo probable que con los sondeos que en la zona se llevaran a efecto pudieran descubrirse otras fuentes de riqueza, aguas artesianas, manantiales salinos, y siendo seguro que, al mismo tiempo, con dichos trabajos, se despejarían problemas geológicos del mayor interés científico; teniendo en cuenta que, además de la posibilidad de cortar las capas del hullero medio de la cuenca de Bélmez con los citados sondeos es lo más probable que sobre ellos fueran atravesados los estratos del hullero superior que la erosión debió arrasar en la zona carbonífera hoy accesible a nuestras observaciones, parece que esa misión del Estado responde a una necesidad que se impone, puesto que, dada la situación de la Industria nacional, se iría a buscar con las labores necesarias, no la posibilidad de agregar unos ceros a la cifra de nuestras reservas de combustible para el porvenir, sino la posibilidad de que la Industria pueda vivir de momento. No lo accesorio en definitiva, sino lo indispensable, por lo que a Andalucía afecta."

Como el trabajo del Sr. Carbonell no trae conclusiones, no es considerado como ponencia; pero la Sección, por unanimidad y a propuesta de la Mesa, acuerda conste en acta la satisfacción con que ha sido oído y el agrado con que vería que la Secretaría general del Congreso ordenase la publicación del referido trabajo.

El Sr. HERNANDEZ SAMPELAYO (D. Primitivo) lee el siguiente interesante trabajo, que es muy aplaudido:

"GEOLOGIA Y FORMACION DE LOS CRIADEROS CATALANES DE BAUXITA

Por D. Primitivo Hernández Sampelayo, *Ingeniero de Minas*.

GEOLOGÍA

El área en que se extienden los criaderos de bauxita está constituída únicamente por dos terrenos: Eoceno y Triásico.

El Eoceno está representado por sus pisos inferiores, mientras que el Trías, al contrario, por los suyos más altos.

Los tramos terciarios forman todo el NO. de la zona, y los secundarios representan el SE. Los cuatro pisos de los dos terrenos tienden, como todos los isleos de la parte meridional de la provincia, a colocarse en fajas o bandas paralelas y alargadas, con un rumbo N. 40-50° E., que es, en último caso, la dirección del litoral, respecto del cual son paralelos, como líneas concéntricas, los accidentes topográficos y geológicos, evidenciando una potente fuerza directriz que actuase de un modo prolongado.

Los tramos calizos de ambos terrenos son los que ocupan las crestas de las sierras, mientras que los valles están excavados en los materiales más blandos, como arcillas, yesos y areniscas; en uno y otro caso, las calizas son claras, y rojizas las arcillas, y esto hace que al primer golpe de vista tengan mucha semejanza de aspecto los dos terrenos; son, sin embargo, más enhiestos y elevados los crestones de las calizas numulíticas y también más encendidas sus margas y areniscas. Así vemos cómo las sierras de Rubió y de la Costa se elevan más que las de la Llacuna y Rocamur, y el Clot de Miralles es más rojo y llamativo que los de la Riera Ruidevilles y Puig Cogul.

Las dos series del Eoceno inferior son: una, la más baja, de estratos rojos, y la otra de calizas. Los estratos rojizos del numulítico inferior forman toda la depresión marcada por el Clot de Miralles, y representan un piso que ha sido muy debatido en la geología de Cataluña; las rocas que lo integran se ven desde la casa llamada Escolá, en la carretera de Igualada a la Llacuna, hasta la sierra de la Costa, formando una banda de cerca de 2.000 metros de ancha, algo ofuscada en el centro por las formaciones cuaternarias del fondo del valle.

Las rocas de este piso son: arcillas, margas, maciños, areniscas y calizas; dominan las arcillas y margas con algún maciño en las hiladas inferiores; en la parte media hay alternancia de areniscas y calizas de grano fino con aspecto lacustre, y son bancos de caliza, con algunas hiladas de areniscas rojas, los estratos más altos del tramo, sobre los que descansa la caliza de *alveolinas*. Como caracteres comunes a todos ellos, puede citarse el tono rojizo, muy marcado en las areniscas y arcillas, y la escasa potencia de sus distintos niveles.

Son prolongación de los que en la orilla izquierda del Llobregat se superponen a las arcillas muy rojas con nódulos calizos y *bulimus gerundensis;* siendo este fosil, por consiguiente, el determinante en la fijación de las capas que estudiamos. Pasando por alto la larga discusión, desde que el descubrimiento de algunos *lychnus* por el Ingeniero D. Eusebio Sánchez, y los trabajos de M. Matheron indujeron al geólogo Sr. Vidal a comenzar los estudios de estas capas inferiores al numulítico, nos encontramos con que esta faja central rojiza está clasifi-

cada de Danés por los Sres. Maureta y Thos y Codina, adoptando el criterio del Sr. Vidal en su estudio sobre el terreno garumnense; posteriormente, el hallazgo por el mismo geólogo de la *paludina aspersa* del piso landeniense dió lugar a que las capas de *bulismus* en litigio y las a ellas superpuestas, que son las nuestras, pasasen a ser consideradas como eocenas; concepto en el que coinciden con el Sr. Vidal el eminente P. Almera y el Sr. Faura y Sans.

El P. Almera, en su mapa de Cataluña, procura ajustarse a la clasificación de Lapparent, a pesar de lo difícilmente adaptable que resulta la división de la cuenca de París, aplicada a la zona más típica del eoceno, en su facies mediterránea. Más lógicamente, M. Chevallier, en su *Note sur la géologie de la Catalogne orientale,* da una clasificación completa del terreno, en la cual los pisos Landeniense e Ipresiense los agrupa en una división *eonumulítica;* la media la equipara a los tramos de París, y en la alta, como *neomulítico,* coloca las primeras hiladas del oligoceno. Por completa y moderna que sea esta clasificación, ya el P. Faura y Sans comenta, con alguna extrañeza, el encuentro de *neritas* por D. Luis Mariano Vidal bajo las capas de *alveolinas.* Sería largo, y fuera de lugar, buscar el sincronismo en las distintas divisiones que se han hecho de este terreno para Cataluña y discutir los fundamentos que se tengan al equipararlas; nos limitaremos a seguir las más semejantes, apartando las demás.

Sobre el tramo de color vinoso hemos visto cómo se coloca la caliza de *alveolina melo,* que es, según el Sr. Almera, la representación de la facies marina, equivalente al Ipresiense, y queda completada con los bancos de *cerithium* que se sobreponen a las calizas colmadas de *alveolinas* y *miliolites.* Esos bancos de *gasteropodos* son, sin duda, los equivalentes a los citados por Mallada y Carez en el eoceno de Huesca. Hasta aquí nos hemos ajustado bien a la clasificación que para el numulítico inferior da el P. Almera en la hoja de Río de Foix y la Llacuna; pero sobre el horizonte de *Cerithium* y *náticas* coloca el piso Luteciense, sin citar el nuevo y potente tramo calizo de *alveolinas, gasteropodos* y *corales,* que no está especificado más que en la división de Carez, la cual se adapta bastante bien a la sucesión de capas que hemos encontrado, con la diferencia de que las *lucinas* las vemos colocadas sobre el primer horizonte de *alveolinas.* Damos el cuadro de Carez para que se aprecie la equivalencia:

EOCENO INFERIOR

Caliza de *Bulimus gerundensis*.
Areniscas y conglomerados rojos.
Caliza de *orbitolites* y *miliolites*.
Caliza de *Lucina corbarica* y de *operculinas*.
Caliza de *alveolinas* y *numulites exponens*.
Margas de *cerithium* y *turritellas*.
Caliza de *alveolinas* (segundo nivel).

El tramo comprobado por nosotros constaría de:

EOCENO INFERIOR

Caliza de *Bulimus gerundensis*.
Areniscas con arcillas, margas y calizas (tramo vinoso).
Caliza con *alveolinas* y *miliolites*.
Calizas con *algas* o *pistas*.
Calizas con *Lucinas* y *Cyrenas*.
Margas y calizas, bancos delgados de *Cerithium*.
Caliza de *alveolinas* con *gasteropodos* y *corales* (segundo nivel).

Las vicisitudes de clasificación se pueden condensar así:

Año.	Autor.	Clasificación.	Fundamento.
1853	Verneuil ...	Triásicas. ..	Confundido por la proximidad y parecido de estas hiladas con las pudingas rojas del Trías.
1856	Vezian.....	(Epicretáceo)	Comparación con los terrenos de Languedoc y Provenza.
1857	Vezian.....	Eoceno (Montserriense)	Las mismas razones y escasos *numulitos* en las capas altas de los conglomerados.
1853	Verneuil....	Triásicas....	
1861	Bauzá.....	?	Por lo mismo,
1881	Carez......	Eoceno	Analogía entre las capas de *Bulimus* y las de *Physas* en Montoulieu.
1881	Maureta y Thos.....	Danés	Analogía con las de Berga, clasificadas por el Sr. Vidal en 1874.
1883	Vidal......	Garumnense.	Analogía con las distintas formaciones catalanas y francesas.
1891	Vidal.....	Eoceno.....	Por el descubrimiento de la *Paludina aspersa* del parisiense.
1900	Almera..... Faura y Sans.		

Prescindiendo de los trabajos anteriores a Carez, pues al exponer sus razones no presumía las discusiones que sobrevendrían, tenemos que, aun clasificándolas este geólogo como eocenas, manifiesta sus temores varias veces al hablar de ellas, puesto que dice "por arcillas rojas termina el cretáceo, y por arcillas del mismo tono principia el Eoceno", y las agrupa según las concordancias, con los estratos de uno y otro terreno.

El Sr. Vidal rebate los argumentos de Carez, rechazando la razón geográfica de que puedan ser de distinto terreno las areniscas rojas, según estén en distinto sitio, y por la gran analogía entre las formaciones de la zona norte con la faja central, y la de ambas con las formaciones del alto Garona, propone la equivalencia de las margas con *lychnus* de Berga, de Tremp y del Ródano, con las de *bulimus gerundensis;* de este modo se suprimían los nombres diferentes, según la localidad que ocupen, para estratos análogos y de la misma posición estratigráfica.

El encuetro de la *paludina aspersa* por el Sr. Vidal en Espinalbet le hizo modificar su acuerdo al ver que se trataba de un fósil de la poco extendida faunela de la caliza de Rilly, en la cuenca de París, y en un yacimiento de la misma disposición estratigráfica. Según esta idea, y como los grupos inferiores con lignitos son indudablemente gerumnenses, dividió las hiladas rojas por la caliza lacustre de Valcebre y su análoga de la sierra del Portet, quedando como eocenos los estratos intermedios de la *paludina* hasta la caliza de *alveolinas;* las capas de *lychnus* continuaban clasificadas como del gerumnense.

Parece ser, pues, que el único fundamento para volver a considerar las capas de la faja central como eocenas es la presencia de la *paludina.*

Encontramos artificiosa la división sólo por la presencia de este *gasterópodo* y sin razones estratigráficas, mineralógicas o de facies. Además, el único fósil de la zona central, *bulimus gerundensis,* no tiene relación con las capas de Berga; así, pues, para nuestro caso, carece de fuerza el argumento paleontológico; por otra parte, se vuelve a caer en la falta, muy lógicamente señalada en otro tiempo por el Sr. Vidal, de que sedimentos de la misma facies tengan determinación distinta según la localidad, y, por fin, equiparadas las margas y calizas de Rognac con *lychnus* a las margas rojas de *bulimus,* resultan, no sólo muy parecidas en su composición y colocación de arcillas rutilantes y floreadas, alternando con las calizas en el tramo continental, sino una disposición mucho más similar de los afloramientos de la bauxita de Baux y Arlés con los catalanes.

CORTE GEOLOGICO DE LA ZONA BAUXITIFERA DESDE IGUALADA A MEDIONA

Desde Igualada, cuya cuenca está en las margas azules de *ortitolites* y *operculinas,* coronadas por cornisas de maciños más consistentes (1), se va descendiendo en la serie eocena: 1.º Se encuentran estratos calizos amarillentos con *numulites striata, coralarios* y algunos *gasterópodos,* y como más inferior, un potente tramo de calizas y margas de color gris con *numulites perforata, Lucasiana, exponens, etc., ostreas, pecten, arcas* y otros *labelibranquios.* En este tramo inferior los estratos suelen cargar de granos de cuarzo convirtiéndose en verdaderas areniscas obscuras, conteniendo *pistas de anelidos* y, en general, bastante fosilíferas.

La mayoría de las veces, las capas buzan al N. o al NO., y presentan, en cambio, acantilados y escarpas como las que soporta el castillo de Miralles, hacia el S. y SE., formando escalones que, separando los valles, corren en el sentido de los estratos, que es el de los isleos geológicos. El aspecto de las cortaduras señaladas es el de fallas; lo cual concuerda con la repetición de estratos, único modo de explicar el desarrollo que alcanzan desde Igualada hasta casa de Escolá; pues aun suponiendo, según Carez, que su potencia sea de unos mil metros, cantidad que se doblaría próximamente, por la inclinación de los estratos, hay que tener en cuenta que se recorrerán unos cinco a seis kilómetros perpendicularmente a la dirección de las capas, y solamente admitiendo repetición de fallas, se pueden hacer concordar ambas ideas.

La sierra de Sagarreros, donde está el yacimiento de Rubió, es la prolongación al O. de las primeras hiladas del eoceno y ya pertenece a la zona bauxitífera. Toda la parte alta está formada por las calizas de *alveolina,* y otras algo céreas y de grano fino que parecen las primeras tongadas inferiores de agua dulce; todo este tramo buza al S. corre hacia el SO., tendiendo a formar un anticlinal, y contiene el asomo de bauxitas de Rubió. Casi todo el mineral es rojo en su parte exterior, más blanco en su interior y siempre de grano algo áspero, menos en su envolvente pizarrosa y caolinizada, que se pone en contacto con la caliza, la cual toma un tono rosáceo en sus litoclasas, y este carácter sirve para seguir los asomos en cerca de 200 metros al E.

Debajo de esa caliza y poco antes de llegar al valle, empiezan las areniscas vinosas y margas de colores abigarrados; su disposición es

(1) Sobre ellas descansa el castillo de Montbuí.

horizontal en este sitio, y han sufrido grandes erosiones. El color rojo se transmite a todo el valle de Miralles y apercibe desde lejos, de un cambio de terreno; son los discutidos estratos de la banda central que atraviesan la provincia de NE. a SO., con anchos variables de uno a cuatro kilómetros.

El valle de Miralles se hace notar, no sólo por su color, sino por la depresión especial que marca la topografía. Los estratos vinosos parecen en discordancia con las calizas del eoceno superiores a ellas, no solamente en Rubió, sino cerca de la carretera; presumimos que este valle representa una línea de hundimiento, y la figuramos por una falla.

Todo el Clot de Miralles, hasta las primeras hiladas de *alveolinas* de la sierra de la Costa, está excavado en el tramo rutilante; pero merece citarse un pequeño asomo de calizas que muy cerca de la carretera provincial, en su parte N., frente a la casa de Font, está colmado de *lamelibranquios,* en su mayoría *ostreídos.* La roca en el banco inferior es muy cérea, de grano fino con tono gris, mientras que en el superior es más granuda y rojiza.

La facies del isleo parece de un terreno distinto a los que en aquella zona hemos reconocido, quizá jurásico.

El cuaternario del fondo está representado por arcillas coloreadas, y por rocas aglomeradas de detritus yesosos y calizos.

El tramo de margas y calizas rojizas forma, siguiendo siempre al SE., toda la subida de la sierra de la costa, destacando como cornisas los estratos más duros, que son los calizos y algunos areniscos. Esta serie que al NE. de la sierra llega hasta la cima, apenas se descubre en el monte al SO., en el sitio conocido por Creux, donde, desde el mismo pie, se encuentra la caliza de *alveolinas,* que es, en definitiva, la que corona el tramo del eoceno inferior.

Superpuestas al primer nivel de *alveolinas* vemos, con poca potencia, los siguientes lechos: calizas bastas con *pistas,* margas deleznables con *nática patela* y *cerithium*: capas de *ostreídos;* margas con nódulos blancos cretosos, y sobre ese horizonte especial descansa la formación más potente de caliza de *alveolinas* que constituye la planicie del alto. En el acantilado de la Cova parece marcarse una falla. En la bajada, mirando al SE., encontramos los yacimientos de bauxitas del Clot de Miralles, encajados en las calizas altas, y aunque en su contacto parecen careadas por partes, como carñiolas, se las ve pasar lateralmente a las calizas eocenas: tal ocurre en el Clot de Llop y sobre la mina *Diana.* Al otro lado de la sierra, frente a las Vilatas, se vuelve a ofrecer la serie de margas y calizas algo marmóreas del eoceno lacustre, que llegan hasta el pie del monte en el valle Ruidevilles. Por esta razón,

rectificamos el plano del P. Almera, en este sitio, señalando un isleo del eoceno inferior.

Desde el camino de Fanfragona, que bordea el pie de la Costa, encontramos carñiolas que, por su aspecto y colocación, corresponden con el horizonte de calizas careadas en la parte alta de trías, al que suponemos pertenece. Estas calizas son las que, en la bajada del Clot de Llop y en Mas den Torrens, encierran varios asomos de bauxitas, con los que se pone en contacto y adopta pasos intermedios.

El valle de Ruidevilles, desde el Puig a la Llacuna, está apoyado sobre calizas triásicas, la mayor parte de las veces carñiolas; pero también se descubren en varios sitios del torrente las calizas tableadas de nática gregárea, límite inferior de la denudación que excavó el valle; los yesos se encuentran en pocos sitios, pudiendo citar las proximidades de la Llacuna.

El límite Sur del valle de Ruidevilles es la sierra de la Llacuna, que recibe el nombre de Rocamur en su prolongación al Norte. El anticlinal que figuran es muy suave, pero está muy bien marcado; las calizas de *fucoides,* las más inferiores que se encuentran, alcanzan una potencia de 40 a 50 m., con alguna pequeña falla y alguna intercalación de areniscas; en la parte alta de la sierra se disponen las calizas casi horizontalmente, por lo que las cortadas y quiebras que en ellas se han producido dejan macizos caprichosos y de gran estabilidad por sus lechos horizontales; en el sitio más áspero que producen se levanta el castillo de Mager. En la parte alta están las calizas tableadas con *nática gregaria;* pero, como en Font Cintora, paraje próximo a la Llacuna, he encontrado las calizas de *náticas* a un nivel inferior, hay que suponer que alternan ambos horizontes.

Desde los altos de la Llacuna se abarca el valle triásico del Torrente Puig Cógul; es rojizo, como el de Miralles, pero de tonos más apagados.

Abundan en él los yesos y margas abigarradas con alguna arenisca, y muchas calizas careadas formando el nivel más alto; en esta potente formación, que, sin duda, comprende algunos cientos de metros, encontramos varios asomos de bauxita, los cuales, en cualquier sitio que se consideren, están en contacto con las carñiolas de la parte superior. Este tramo yesoso forma barrancos ásperos por la denudación, cuyo fondo suele estar representado por la caliza de *fucoides,* de la cual se ven abundantes retazos *in situ.* Del mismo modo que en la sierra de la Costa, sobre las calizas triásicas, se colocan las eocenas; pero en este caso no son las de aspecto de agua dulce, sino las marinas de *alveolinas;* esta superposición se percibe bastante bien desde la sierra de Orpinell hasta el pueblo de Mediona.

Antes de llegar a las casas (390) la caliza de *alveolinas* se coloca sobre la de *fucoides,* y ésta, a su vez, sobre el tramo yesoso. En el río que pasa por Cunills, y en su margen izquierda, se ve cómo la caliza de *alveolinas* se coloca inmediatamente encima de la de *fucoides* en un anticlinal suave, como demostración del movimiento transgresivo del mar eoceno. Por esta razón hacemos en estos sitios otra modificación al plano del P. Almera.

CRIADEROS

Como descubridor de la bauxita en España hay que considerar al P. Almera, que la cita en 1900 en su plano geológico; sin embargo, en justicia, el que ha producido el resurgimiento industrial es el geólogo alemán Sr. Goetz Philippi.

Todos los afloramientos están comprendidos en un área que tendrá 11 kilómetros de larga, de Rubió a Mediona, contados de O. a E., por escasamente cinco de ancha, de Mas Bolet a Espina Gosa, contados de N. a S.; en esos 50 kilómetros cuadrados de trías y eoceno están comprendidos los quince alloramientos que se conocen, y la mayor acumulación es en la sierra eocena de la costa, donde se cuentan cuatro, y dos en sus laderas. La magnitud de estos afloramientos es pequeña; pues en cualquiera de los casos bastan 10 ó 20 m. para medir su mayor dimensión.

La disposición del mineral, respecto de las rocas que lo contienen, no siempre se puede examinar bien por tratarse de rocas blandas que levantan poco sus crestones, y hasta ellos llega la vegetación; pero los casos en que mejor pudimos hacerlo, como en Rubió, Montori y Orpinell, se percibía el acuñamiento del mineral en la masa caliza, en las fisuras de la cual entraba en pequeños trozos formando brecha. Los trabajos posteriores de explotación parecen haber confirmado esta suposición; pues aunque se habrán arrancado más de 4.000 toneladas entre Rubió y la mina *Diana,* ya se ven agotados algunos tajos de arranque.

En resumen: podría definirse el criadero como una salpicadura de pequeños afloramientos relacionados con las fracturas del área en que están contenidos, sin estratificación, y con tendencia a encajarse en sus rocas.

Tal constitución de yacimiento, parecida a la de algunos austriacos e italianos, hace aconsejar investigaciones a lo largo del arco del Mediterráneo, que tiene la misma geología y la misma tectónica que la zona estudiada, parando atención especial en los asomos ferruginosos, en

particular si son aluminosos y pisolíticos; pues supuestos hierros de esta clase han sido los precursores en muchos de los descubrimientos de bauxita.

OROGENIA

Del estudio de los movimientos orgánicos se deduce que en Cataluña, desde los tiempos paleozoicos, han existido porciones con tendencia a la resistencia, y otras, por el contrario, débiles, en las que se han localizado hundimientos. Los núcleos de rigidez han sido: uno, hacia la zona pirenaica, y el segundo, situado en el Mediterráneo y llegando hasta la zona litoral catalana, que conserva sus restos. Así vemos cómo ya los pliegues hercinianos hacen depositarse al carbonífero en los Pirineos orientales y emerger los estratos paleozoicos de la costa. Estos pilares ya no tienen modificación esencial en el secundario, puesto que no son cubiertos por sus sedimentos, sino que se acumulan en sus bordes dando lugar a un régimen lacunar que continúa acentuándose hasta facies claramente marina del jurásico demostrada por sus fósiles, y pierde profundidad hacia el final del sistema, iniciándose otro macizo en el Mediterráneo.

Durante el cretáceo inferior debía existir la cordillera litoral, por los depósitos encontrados, penetrando el mar en Francia por Provenza. El terreno continúa sus emergencias hasta producir, en el cretáceo superior, el régimen de lagunas, mezclándose los *radiolitos* con los *lychnus* de agua dulce, y esta facies continental se desarrolla sobre el macizo litoral, mientras que, entre él y el macizo mediterráneo, existían las grandes lagunas que han producido los depósitos de Provenza y Berga, los garumnenses. El paso de los últimos sedimentos secundarios a los primeros del terciario se hace con gran lentitud hasta llegar a la gran caliza de *alveolinas,* que marca una enérgica transgresión sobre las antiguas cordilleras litorales del secundario. En todo el terciario, en sus tres fases dinámicas esenciales: levantamiento pieranaico (Eoceno), sierra del Cadí (Oligoceno) y hundimiento del macizo mediterráneo (Plioceno), actúan de un modo constante los mismos centros N. y S., a modo de pilares, y, aunque figuran aislados, en estos movimientos estuvieron claramente apoyados, uno, por el macizo francés, y otro, por el central español, en esa formidable lucha de encuentros, que acabó por unirlos, cerrando la cicatriz en el Ampurdán y a lo largo de los Pirineos.

Las zonas débiles son: desde luego, la paralela al Pirineo, ocupada por la gran mancha terciaria de Aragón y Cataluña; el borde meridional de las sierras de Prades, Llacuna, Montseny, etcétera, y la fosa me-

diterránea. La gran depresión del N., unida a la clásica del hundimiento del Ebro, está iniciada desde el paleozoico, según los sedimentos carboníferos de Seo de Urgel, San Juan de las Abadesas, etcétera, y se ha ido haciendo más amplia durante todo el secundario, lo que atestiguan los depósitos cretáceos que la contornean al S. y al N. En la era terciaria, su papel es absolutamente esencial, y constituye el campo donde se manifiestan los esfuerzos de los bordes rígidos. Otra zona débil, más acantonada y menos importante en general, pero más interesante, desde nuestro punto de vista, es la paralela a la falda S. de la cordillera sublitoral, y que, como todas las fallas y pliegues paralelos a la costa, proceden del alzamiento del Cadí en el Oligoceno. Nos referimos a las fosas del Vallés y Panadés, colmadas por los últimos depósitos terciarios y emergidos al final de la era, aun cuando antes habían sufrido hundimientos y sido ocupadas por los mares cretáceos.

Por último, el amplio arco de la costa dibuja la gran falla curva de la fosa mediterránea, lugar que en el secundario fué igualmente mar durante los tiempos jurásicos y cretáceos, y que adquirió su aspecto actual al final del plioceno.

Aunque con variación, subsisten las zonas rígidas y débiles a través de todas las épocas; y así ocurre que, aun en el cuaternario, avanza la costa del Ampurdán y se han verificado las erupciones de Olot y Cadaqués.

Vemos, pues, que la zona de fracturas forma un campo de líneas paralelas al borde del Mediterráneo y siguiendo el contacto de los terrenos secundarios con el eoceno inferior. Y es muy interesante observar que si seguimos esa línea desde la costa del Garraf, se continúa bordeando el Mediterráneo por Languedoc y Provenza para enlazarse con los Alpes cárnicos y el Apenino central; es decir, que, de un modo sintético, señala la traza curva de los hundimientos terciarios, relacionados para nuestra península y el norte de Africa por los geólogos Marín, Alfonso del Valle y Novo; los dos primeros, en su notable estudio sobre Marruecos, y el Sr. Novo, en su magnífica traducción de *La faz de la Tierra,* de Suess, comentada en lo que a nuestro país se refiere. Pues bien: lo curiosísimo es que los yacimientos de bauxita jalonan la unión marcada: primero, los catalanes; en segundo lugar, los de Ariège, Languedoc, Provenza y Alpes marítimos; siguen los cárnicos y los del valle Liri y Pescara en Italia.

De esta coincidencia se puede razonablemente suponer:

1.º Que existe una relación entre las venidas bauxitíferas y los hundimientos posteriores al secundario; y

2.º Que la prolongación de los yacimientos españoles deben supo-

nerse hacia Teruel y las provincias levantinas, donde continúan los mismos isleos geológicos con idéntica disposición.

CLASE

Las muestras mejor tomadas lo fueron en Montori, pues pueden representar unas 500 toneladas arrancadas, y sus resultados fueron:

MUESTRA MÁS BLANCA

SiO_2, 9,40; Fe_2O_3, 7; TiO_2, 0,96.
Al_2O_3, 68,19; CaO, 0,40; MgO, 0,10; pérdida, 14,10.

MUESTRA MÁS ROJA

SiO_2, 8,50; Fe_2O_3, 15,60; TiO_2, 0,9.
Al_2O_3, 60,40; CaO, 0,80; MgO, 0,30; pérdida, 13,60.

Y teniendo en cuenta que las consideradas como menas de aluminio no suelen pasar de un 4 a 5 por 100 de SiO_2, vemos en realidad que el defecto capital de que adolecen estas menas catalanas es su cantidad de sílice. Sin embargo, últimamente se ha adelantado mucho en la eliminación de esta impureza, como veremos, y esto hace esperar que pronto puedan entrar en el mercado, como menas normales de aluminio.

MINERALES

En general, el mineral está representado por una pudinga de granos ferruginosos cimentados por una masa compacta de aspecto arcilloso rosáceo. Los granos, siempre redondeados, varían en su tamaño desde unas décimas de milímetro hasta más de dos centímetros; los más abundantes suelen ser de 5 a 6 milímetros, y aunque muy numerosos, no están en contacto, destacándose muy claramente sobre el fondo que sirve de cimento. Cuando el mineral es blanco, su fractura suele ser concoidea y lleva manchas de color ladrillo; a simple vista se distinguen granillos que llegan de medio a un milímetro; textura oolítica y color blanco.

Ambas clases dan reacción con el nitrato de cobalto; se favorece la operación con una calcinación previa.

Considerados los minerales en su crestón, tienen, como regla casi general, una envolvente arcillosa de masa más brillante, que es la que se pone en contacto con la roca estéril.

Analizados los más frecuentes al microscopio, se observa que sobre una masa de tono pardo obscuro se destacan nódulos rojizos con distintos grados de oxidación. Como carácter genérico, a todas las concentraciones ferruginosas se puede señalar el redondeado de sus contornos. Los cuerpos ferruginosos pueden ser de constitución simple o compuesta, y casi en su totalidad tienen textura oolítica. Las concentraciones más simples son manchitas tenues redondeadas, de dos o tres centésimas de milímetro, y que, en los casos más sencillos, se desvanecen en el tono pardo del fondo de la roca, y siguiendo atentamente los distintos grados de estas manchas, vamos siguiendo la historia de las más complicadas concentraciones.

Desde el principio se establecen las dos grandes divisiones de cuerpos ferruginosos simples o compuestos, y así vemos cómo las manchitas determinan un anillo exterior de mayor densidad ferruginosa, que establece su límite a modo de película, separándole del cemento. En otros casos, por el contrario, se hace la mancha más extensa, abarcando también pequeñas porciones de menor oxidación, y en esas masas heterogéneas se efectúan parcialmente las mismas condensaciones ferruginosas para los límites de cada porción, como hemos indicado para el caso sencillo, y así, casi desde el principio, se constituyen los cuerpos ferruginosos compuestos.

Vemos, pues, cómo ya de un modo inicial, es la remoción del hierro la que origina la formación de los nódulos ferruginosos. Siguiendo el proceso, se van formando anillos más obscuros y centros en los cuerpos simples, que al mismo tiempo se incrementan en extensión, y así resulta que al final las concentraciones ferruginosas son oolitos. Con frecuencia, la afluencia de hidróxido es grande, y cualquiera de los tipos señalados se empasta y hace macizo por el mineral de hierro, sea por crecimiento de los anillos y el centro, en el caso del oolito aislado, o por unión de unos oolitos con otros en el caso de los compuestos; el resultado es el mismo, y estos cuerpos empastados llegan a ser masas informes y negras, que, a veces, conservan partes redondeadas más claras, hasta del tono del cemento, o espacios estrellados a modo de poros. Naturalmente, se dan todos los tipos mixtos posibles: empaste total, cerco exterior más oxidado y más claros los elementos, o inversamente, etcétera. Por lo general, dentro de cada cuerpo compuesto, la parte que constituye el cemento está más obscurecida que los pequeños oolitos; éstos no suelen ser de gran complicación: a lo sumo un centro de hematites y dos o tres anillos, más bien esfumados, de la misma materia.

Del mismo modo que se observan los grados de constitución de estos nódulos, se pueden ver, aunque más escasamente, los de su destruc-

ción; se pierden los bordes, borrándose parcialmente el contorno, y por entre los flecos y desgarraduras que dejan las disoluciones penetra la materia amorfa más clara para constituir, a modo de vetas, el relleno de las fisuras producidas; esas fisuras, que tienen todo el aspecto de las grietas de contracción, son muy frecuentes en las masas ferruginosas empastadas al empezar su disgregación. Otras veces, las disoluciones han debido circular a través de las masas ferruginosas, atravesándolas por los espacios estrellados a que antes hemos aludido, y así se ve cómo, aun conservando el contorno, la parte interna toma el aspecto confuso que le da la materia amorfa introducida por las aguas al destruir la textura oolítica.

Se comprueba de un modo indudable que aunque en la actualidad se produzca en las cubetas de Yelowstone las bauxitas oolíticas, no es preciso recurrir a sus circunstancias especiales para justificar esa textura.

Al estar estudiando microscópicamente las bauxitas, llegó a mis manos el trabajo de J. Morrow Cambell sobre las lateritas, y me llamó vivamente la atención la gran semejanza, casi identidad a veces, de algunas lateritas con las bauxitas que examinaba; se llega, en efecto, a las mismas complicaciones oolíticas, con análogos conductos de formación y destrucción de textura, dentro de los mismos componentes: hidratos de alúmina, de hierro y de titano.

Esto hace pensar, como más verosímil, que la formación de las bauxitas haya tenido lugar, tal y como se cumple hoy día, por laterización, que no por medio de fenómenos, ya desaparecidos o escasamente representados, de química difícil y mecanismo complicado.

Laterización es el proceso por el cual ciertos hidróxidos, generalmente los de hierro, alúmina y titano, son depositados dentro de la masa de una roca porosa *cerca de la superficie*. Los componentes lateríticos son depositados en las rocas porosas, entre los niveles más alto y más bajo de las aguas hidrostáticas, pero solamente donde aquel nivel está cerca de la superficie y el oxígeno puede tener libre acceso. La proporción de constituyentes lateríticos, formados y depositados, parece aumentar directamente con la temperatura.

El hierro se encuentra al principio en la laterita como óxido férrico, amorfo y muy hidratado y proviene de la oxidación de las sales ferrosas, principalmente el carbonato, contenidas y arrastradas en disolución por las aguas hidrostáticas. Este hidróxido es a menudo convertido, total o parcialmente, en óxido férrico anhidro por medio de acciones simultáneas de calor y agua actuando continuamente. La alúmina se deposita en su origen como trihidrato amorfo; se supone que proviene de los silicatos hidratados de alúmina, depositados lentamente por las

aguas, al ser atravesados por las alcalinas, produciéndose silicato y aluminato alcalino; éste a su vez es atacado por el ácido carbónico formando carbonato alcalino y depositando el trihidrato. Las aguas de la zona de laterización, cuando están expuestas al aire, depositan hidratos de hierro y alúmina con hidrosilicato, todos amorfos. Naturalmente que todas estas disoluciones que han producido los depósitos pueden también redisolverlos, y este es el origen de las acciones secundarias que tienden generalmente hacia la completa hidratación del óxido férrico, produciendo de un modo lento su emigración, con el aumento consiguiente en el tanto por ciento de alúmina, y de este modo se llega a los tipos que, por su composición, reciben en el comercio el nombre de bauxitas.

El lugar de cumplirse la formación es entre la zona de saturación permanente y la superficie; es decir, en la de accesibilidad del oxígeno, y donde alternan los estados de sequedad e inundación.

La composición de la laterita es rara vez invariable. La interesantísima conclusión del concienzudo trabajo de Cambell es que las lateritas pueden cubrir a cualquier clase de rocas, y la proporción de los componentes lateríticos no depende de *ninguna manera* de la composición de la roca que originalmente ocupaba el mismo lugar y de la cual se supone derivada.

Puede, pues, deducirse que las acciones prolongadas de las aguas hidrostáticas cargadas de oxígeno y carbonatos alcalinos producen con sus disoluciones hidratos de hierro y alúmina.

Por otra parte, tenemos las deducciones de Laur de que "la presencia de la bauxita coincide con una laguna estratigráfica".

Siguen acumulándose datos al ver la identidad de las litomargas inferiores a las bauxitas. Por ejemplo, en Antrim (Irlanda) y en las que se encuentran bajo algunas lateritas de Africa; la existencia de una capa o envolvente alterada o de hidrosilicato de alúmina por bajo del mineral; la diversidad, en cambio, de las diferentes rocas que soportan las bauxitas del centro de Francia. Mas hechos comunes a las bauxitas son la carencia de fósiles, la diferencia en la constitución de las capas superiores e inferiores al mineral, y por fin, la independencia entre la roca y la mena. Es decir, que, de un lado, tenemos los hechos (formación de lateritas) con reacciones sencillas y actuales, y, de otro, la gran diversidad de presentaciones que, adoptando la teoría de la laterización, quedan explicadas de idéntica manera, mientras que, recurriendo a las formuladas por los distintos geólogos, nos encontramos con la imposibilidad de concordar tantas y tan artificiosas hipótesis como casos distintos de presentación.

En el nuestro de las bauxitas de Barcelona, los hechos que nos pueden servir para formular la génesis son los siguientes:

1.º Los numerosos y pequeños afloramientos que se encuentran en el eoceno o en la unión de los terrenos secundarios y terciarios.

2.º Se cumple la regla de Laur de la laguna estratigráfica marcando una facies continental.

3.º Los afloramientos jalonan las fracturas paralelas al arco del Mediterráneo, como se disponen los asomos de rocas eruptivas, trozos de las cuales se encuentran próximos a los crestones de bauxitas.

4.º Llevan envolvente caolinizada; pero no son nunca estratificados, sino que tienden a encajarse en las calizas.

5.º Las porciones más rojas y pisolíticas se encuentran hacia la parte superior.

6.º Micrográficamente se comprueba que los pisolitos tienen su origen en las concentraciones, y que se verifican en ellas las acciones secundarias destructoras como en las lateritas.

La disposición de nuestros yacimientos impone un origen hidrotermal (1.º, 2.º y 3.º), cuyo fenómeno parece habría que localizar hacia el eoceno inferior, sin que esta coincidencia de presentación con algunos de los franceses pueda inclinarnos a la igualdad de génesis. En cambio, la semejanza con las lateritas y la comprobación de que los oolitos pueden provenir de concentraciones, nos hace suponer que la laterización se cumplió en sitios determinados, de acceso más fácil, y más activamente por la mayor temperatura de las aguas, y esta acción puede enlazarse de cierto modo con la siderolítica.

Cuando avancen las explotaciones se descubrirá si actuaron de preferencia sobre asomos de rocas determinadas y desaparecidas o en las grietas y fisuras de las actuales.

Los asomos de bauxita nos parecen poco a propósito para tener en consideración la hipótesis geyseriana, que, además de en la forma del depósito, tendría que fundamentarse en un ataque intenso a las rocas sedimentarias.

APLICACIONES

Al exponer las aplicaciones, tenemos presentes los últimos tratados sobre la metalurgia del aluminio. Las bauxitas se aplican directamente para la fabricación de ladrillos o mampuestos refractarios que, previa calcinación, sirven para el revestimiento de hornos; se han ensayado en los altos hornos y en el Siemens; la composición señalada por este metalurgista era 50 por 100 alúmina, 35 por 100 Fe y 3 a 4 SiO^2, los cuales duraban cinco a seis veces más que los ordinarios; ocurre esto

porque cuando están expuestos a un calor intenso, se cubren de una sólida masa de esmeril, de tan gran dureza, que se labra difícilmente por el acero.

Cuando las temperaturas que han de alcanzar son mucho menores, se pueden admitir bauxitas con mucha mayor cantidad de hierro y de sílice, sin peligro de la escoria. Sin embargo, la incertidumbre de la composición y razones económicas han hecho que se vaya reemplazando por carbonato de magnesia.

La aplicación principal de este mineral es la elaboración de la alúmina anhidra; producto que constituye la base de la fabricación del aluminio. Este metal se obtiene hoy casi exclusivamente por el procedimiento Héroult; consiste, en síntesis, en efectuar la electrolisis de la alúmina disuelta en un baño de criolita en fusión.

Esta electrolisis se practica en un horno eléctrico revestido interiormente de carbón y comunicando su polo negativo por un manantial de energía eléctrica exterior; electrodos de carbón movibles verticalmente se sumergen en la masa líquida y comunican con el polo positivo.

La energía eléctrica es la que sirve, sin calefacción exterior, para fundir y mantener en fusión las substancias introducidas en el horno. Como la cantidad de energía es muy importante, no se puede alcanzar un rendimiento económico más que mediante grandes saltos de agua.

El aluminio nace a expensas de la escisión de la molécula de alúmina; puesto en libertad el metal en el electrodo negativo, se reúne en el fondo de la cubeta, mientras que el oxígeno acude al positivo, quema el carbón del electrodo, y forma óxido de carbono, cuyo gas se consume al contacto del aire, transformándose en anhídrido.

La importancia de la bauxita depende de su mayor o menor aptitud para producir alúmina pura; pues es en tal forma como sirve mejor para la obtención del metal, como materia prima para fabricar las diferentes sales de aluminio, y para esmeril artificial.

Respecto a la obtención de alúmina, se dividen las menas en blancas y rojas, según sea su impureza dominante, ya que la impureza es la regla en este mineral, mezcla de hidratos.

Se llaman blancas cuando es la sílice el elemento perjudicial dominante, y rojas cuando lo es el sesquióxido de hierro. Las bauxitas blancas son difíciles de purificar, y esta es la razón de que se utilicen de preferencia las rojas, aun cuando tengan un tanto por ciento elevado de óxido. En la fabricación se admite como corriente del 16 al 17 por 100 de sesquióxido, y llegan a 25 por 100 en algunas fábricas.

Es la sílice el verdadero enemigo de la obtención de la alúmina, y es una impureza, de tal modo perjudicial, que se arrastra hasta el fin, influyendo en la pureza del metal.

Sin embargo, los procedimientos para la obtención de alúmina de menas más silíceas están conocidos y aun resueltos en la actualidad.

CONCLUSION

En resumen: tenemos en explotación yacimientos de bauxita en una de las regiones más industriales de España, y donde es más abundante la energía eléctrica. Las razones geológicas hacen presumir que se han de encontrar nuevos criaderos a lo largo de la antigua cordillera litoral, ya desaparecida.

Creemos precisos estímulos del Estado para la creación de fábricas y laboratorios que, sirviéndose de las mejores menas, vayan ensayando, también en nuestro país, el modo de utilizar los minerales más silíceos, estando así al tanto del problema importantísimo que representa la obtención práctica y económica del aluminio de los abundantísimos yacimientos que le contienen. Y simultáneamente con esta acción químico-industrial, practicar una investigación geológica que, seguramente, obtendría éxito, aumentando nuestra riqueza minera."

Se aprueba la conclusión propuesta.

Y no habiendo más asuntos de que tratar, se levanta la sesión a la una y media de la tarde, después de leído el orden del día para el siguiente.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 20 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y media de la mañana.

El señor VICESECRETARIO lee el trabajo de D. Carlos E. Montañés, que, en extracto, es como sigue:

"SOBRE COMBUSTIBLES PULVERIZADOS

Por D. Carlos E. Montañés, *Ingeniero industrial.*

Una de las primeras materias que afectan con mayor intensidad a la Economía de todas las naciones en nuestra época es el carbón.

Su producción debe ser intensificada para que su precio sea menor, y el consumo debe ser rigurosamente vigilado para obtener del carbón que se consume el máximo rendimiento posible, perfeccionando la combustión.

La destilación se presenta como solución para evitar coste de transporte y "congestión" de tráfico, producida por aglomeración de vagones en ciertas zonas. La calidad de nuestros carbones hace a veces costosísima la destilación. Los hogares especiales existen a centenares; pero es indiscutible que cada clase de carbón requiere manipulación especial cuando se trata de clases pobres.

El combustible líquido es indiscutiblemente el que mayores ventajas ofrece para el aprovechamiento perfecto de las calorías que encierra.

La utilización de los carbones en forma pulverizada, habiendo llegado a ser ya resuelta en la práctica, presentando las mismas características que los de la combustión de petróleo o mazut, pues se verifica por medio de mecheros muy similares, resuelve en España el triple problema de *producción*—pues economizando gasto de combustible resulta automáticamente aumentada la producción—, de *precio*—puesto que consumiendo menos carbón por unidad de energía producida, resulta automáticamente menor coste — y *transportes* — porque economizando en España un 25 por 100 de carbón, resultan unos dos millones de toneladas menos a transportar por nuestros ferrocarriles, ya excesi-

vamente abarrotados, y permiten el transporte de otras mercancías de mayor rendimiento y provecho a la Economía nacional.

Los ferrocarriles españoles, hoy sujetos al empleo de carbón inglés para sus locomotoras, no solamente se libran de utilizar esa calidad de carbón, sino que pueden ya utilizar carbón nacional de sus propias minas, sin temor a las averías producidas por la utilización de malos carbones en hogares dispuestos para utilizar el carbón inglés, y pueden con facilísimo y cómodo sistema de conducir los fuegos, mantener la presión constante con gran economía en el consumo de carbón y en la conservación de la máquina. Es realmente admirable el servicio de una locomotora provista de los aparatos necesarios al empleo de combustible pulverizado, pues permite al maquinista atender a operaciones y observaciones de mayor importancia en su servicio, ya que su atención no está mantenida, como hoy, a la vigilancia y dirección de la conducción de los fuegos; operación hoy difícil, molesta y a la par costosa, tanto para los intereses nacionales, como para los de las Compañías, pues a todos afecta.

Estos son, en líneas generales, los puntos que cubre mi trabajo presentado al Congreso de Ingeniería, fruto de mi personal estudio en los Estados Unidos durante el verano de 1919. Propongo la adquisición de las patentes americanas de esos procedimientos, hoy sancionados en la práctica, o la inmediata formación de una sociedad que explotara en España, con los medios necesarios, estos procedimientos, que tantos beneficios habrían de reportar a zonas de incalculable riqueza minera de carbón, hoy *inaccesibles* a los mercados, porque la calidad del carbón no justifica la construcción de ferrocarriles de elevado precio de coste por la topografía de la zona a atravesar entre los cotos mineros y los centros consumidores.

Utilizando este carbón pulverizado, pueden crearse centros de producción de energía eléctrica más económicos que los saltos de agua en algunos casos, y complementarios de esos saltos de agua en casi todos los casos (pudiendo suprimir los gastos de regularización por grandes embalses), dando vida y riqueza a regiones hoy pobres y de difícil resurgimiento por sus especiales condiciones."

El Sr. BALZOLA pide la palabra, y, una vez concedida por la Presidencia, dice que en la sociedad "Altos Hornos de Vizcaya" se ha hecho una pequeña instalación para combustible pulverizado, y que se pone a la disposición de los señores Congresistas para que la visiten y tomen los datos que crean necesarios. Anuncia también que, según sus informes, una gran Empresa se ha preocupado ya de este problema, y que, por tanto, está hoy iniciado en España.

El Sr. GAVALA (D. Juan), después de oídas las manifestaciones

hechas por el Sr. Balzola, lee el trabajo de que es autor, y que es acogido con calurosos aplausos, aprobándose sus conclusiones, que son como sigue:

"LOS ALUMBRAMIENTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LAS MANCHAS TERCIARIAS QUE RODEAN LA BAHIA DE CADIZ (1)

Por D. JUAN GAVALA, *Ingeniero de Minas.*

PRIMERA. Los pueblos enclavados en las costas de la bahía gaditana, Puerto de Santa María, Puerto Real, La Carraca, San Fernando, Cádiz, sólo cuentan en a actualidad para su abastecimiento con un caudal de 3.000 a 4.000 metros cúbicos de agua diarios, cantidad reducidísima para una población de 128.000 almas.

SEGUNDA. Para la mejora de estos abastecimientos no se puede recurrir a los manantiales más importantes de la provincia, cuales son los que brotan al pie del macizo jurásico, porque en su mayor parte son ya objeto de utilización y distan de las costas de la bahía 80 kilómetros en línea recta.

TERCERA. La solución de ese problema debe buscarse en los mantos subterráneos que se originan en las manchas terciarias neogenas que rodean a la bahía, y que radican en los términos del Puerto de Santa María y Puerto Real.

CUARTA. Los terrenos permeables de esas manchas dan lugar a la formación de cuatro cuencas subterráneas independientes, cuya producción puede alcanzar la importante cifra de 34.644 metros cúbicos diarios.

QUINTA. Dos de esas cuencas, la de la Piedad y la de Malas Noches, pueden llegar a producir en conjunto 20.864 metros por día, y como esta cantidad es suficiente para los abastecimientos de que se trata, en ellos deben hacerse con preferencia las obras de captación.

SEXTA. Estas obras habrían de consistir esenciálmente en 4.000 metros de galería filtrante, de ellos 2.000 en la cuenca de la Piedad y 2.000 en la de Malas Noches. El coste aproximado de estas obras puede estimarse en un millón de pesetas.

SÉPTIMA. Las nuevas obras que se llevasen a cabo en la cuenca de la Piedad anularían las existentes, cuya propiedad corresponde a los Ayuntamientos de Cádiz y el Puerto de Santa María, siendo, por lo

(1) Esta Memoria ha sido publicada por el Instituto Geológico.

tanto, necesario ante todo una inteligencia entre estas dos entidades respecto al futuro aprovechamiento de las aguas."

El Sr. MONTAÑES (D. Carlos) manifiesta que no habiendo podido asistir a la primera parte de la sesión, en la que se leyó su trabajo, se pone ahora a la disposición de los señores Congresistas para facilitar y ampliar cuantos datos deseen, prometiendo entregar a la Mesa unos estados y fotografías complementarios de la Memoria. Llama la atención de la Sección sobre el interés de este asunto, que puede conducir a España a la independencia, en cuanto se refiere a su consumo de carbón.

El Ingeniero militar Sr. BASTOS (D. Antonio) da cuenta del siguiente estudio:

"UNAS NOTAS SOBRE LA EXPLOTACION DE UN YACIMIENTO DE ARENISCA BITUMINOSA EN ESPAÑA

Por D. ANTONIO BASTOS, *Ingeniero militar.*

Apenas se ha estudiado hasta ahora, de una manera verdaderamente seria, el desarrollo de la riqueza petrolífera de España. Alucinados nuestros capitalistas por las noticias fantásticas que llegaban de lejanos países, relativas a los pozos manando grandes cantidades de petróleo líquido, trataron de perforar en diversos sitios; y si bien es verdad que algunos pozos llegaron a producir, como en Lebrija, pequeñas cantidades de petróleo, fué de una manera tan escasa, que no compensó ni remotamente de los esfuerzos hechos para encontrarlo. Paralelamente a esto, se agrava el problema mundial de la producción de petróleo. Los nuevos yacimientos que se encontraban no llegaban a compensar a la suma de los que se agotaban y a los aumentos, cada vez mayores, de consumo. Y al mismo tiempo que Escocia, brillantemente, y Francia, con el auxilio de Estado, resolvían parcialmente el problema de destilar sus esquistos bituminosos, en los mismos Estados Unidos se daba impulso a industrias nuevas que tenían por objeto la separación del petróleo de los minerales que impregnaba en aquellos casos en que no se encontraba líquido, o en que éste se había agotado.

Este es el problema que ampliamente, a nuestro juicio, hay que resolver en España.

Conocido de todos es el hecho experimental de que, salvo excepciones rarísimas, jamás se ha encontrado petróleo líquido a niveles superiores al del mar; y sabiendo las altitudes medias del suelo de nuestra península, fácil es comprender la enorme dificultad de acudir a perforaciones onerosísimas y tan expuestas a error o esterilidad.

Ahora bien: para obtener el petróleo separándolo de los minerales impregnados, hay que resolver en cada caso el problema industrial; pues, como acontece casi siempre en los albores de las industrias, aparatos empleados con éxito en un sitio, suelen no servir para la explotación de otro yacimiento que presentaba caracteres parecidos. Tal ha sido el caso de las destiladoras de Escocia, fracasadas en algún punto de España. Por otra parte, la imposibilidad industrial de resolver estos problemas en pequeño, la necesidad de llegar a un precio de extracción de mineral económico, y la necesidad de tratarlo a bocamina, nos hacen desechar, como posibles hoy de explotación industrial, a todos los yacimientos que no presenten una gran regularidad de formación geológica y de impregnación petrolífera.

En cuanto a estas impregnaciones, las hemos visto en esquistos o pizarras, en calizas y en areniscas.

De las primeras, esquistos o pizarras, son, sin duda, los más abundantes en España, hasta el punto de que es rara la región de la Península que no cuenta con ellas. Son, por contra, los de más difícil y costosa explotación, porque exigen el empleo de la destilación seca del mineral, la cual da lugar a aparatos costosísimos para instalación y un gran gasto de calorías para explotación, aun en los casos en que ha llegado a encontrarse la destilación continua.

Las calizas bituminosas se tratan hace ya mucho tiempo, sometiéndolas a una corriente de sulfuro de carbono que disuelve el betún, del que se separa luego, elevando la temperatura de la disolución a 50 grados. Este procedimiento sería ideal si no fuese porque la necesidad de recuperar el sulfuro que quedó impregnado a la roca obliga a inyectar un chorro de vapor a presión, que origina a su vez un gran gasto de combustible.

Respecto a la arenisca bituminosa, podemos decir que en los yacimientos que la "Sociedad Anónima Española Petrol" posee en Fuentetoba (provincia de Soria), hemos llegado a encontrar un procedimiento de separación del betún que no exige mano de obra ninguna, y que no necesita más que el gasto de una tonelada de antracita por cada cincuenta de mineral tratado. Una vez obtenido el betún, es sometido a destilación directa, dando un 20 por 100 de gases incondensables, un 60 por 100 de petróleo bruto, sin rastro de azufre, y un 20 por 100 de cok de retorta, con el que hay calor bastante para destilar a su vez a una tonelada de betún. En cuanto al petróleo bruto, fraccionado y refinado, proporciona un 10 por 100 de gasolina ligera, 5 por 100 de gasolina pesada, 25 por 100 de petróleo, 20 por 100 de aceites para transformadores y de engrase, y un 40 por 100 de aceite combustible para motores de combustión interna.

La formación soriana, capaz de proporcionar 30.000 toneladas de petróleo durante varios siglos, ocupa una extensión de más de mil hectáreas, y aparece en el límite del cretáceo inferior y el medio.

Los afloramientos, que se han hecho visibles gracias a una doble presión Norte-Sur y Este-Oeste, que ha levantado los pisos, se siguen ininterrumpidamente por espacio de varios kilómetros.

El piso superior calizo tiene una altura de unos 60 metros, y por bajo de él están las capas de arenisca en número de catorce, con potencias entre dos y ocho metros, y alternadas con capas de arcilla de más espesor.

La extracción del mineral puede hacerse siguiendo procedimientos análogos a los usados en las minas de carbón de Pennsylvania (Estados Unidos).

Por debajo de estas capas, aparece con profusión la greda característica de los terrenos petrolíferos.

En cuanto a otros yacimientos posibles, según nuestras observaciones, deben encontrarse, como los de Soria, en el límite del cretáceo inferior con el medio; y a juzgar por el éxito con que hemos visto confirmadas nuestras suposiciones en algunos casos concretos, tenemos la creencia de que el subsuelo español encierra bastante riqueza petrolífera, fácil e industrialmente explotable, para no necesitar proveer su consumo con los mercados extranjeros."

Como conclusión del anterior trabajo, se aprueba la siguiente:

"Se está obteniendo petróleo actualmente en España destilando el betún obtenido de areniscas bituminosas. Cada 50 toneladas de arenisca necesitan una tonelada de antracita, hasta separar el petróleo bruto.

"En los límites del cretáceo inferior y el medio, deben encontrarse nuevos yacimientos, que resuelven el problema de abastecer a España con petróleo de su subsuelo."

La Sección se entera de una comunicación, que lee el Sr. VICE-SECRETARIO, remitida por la sociedad "Hullera Vasco-Leonesa", y suscripta por el Ingeniero de Minas D. César Pérez Villarias, titulada "Breves notas sobre la cuenca hullera de Santa Lucía y sus posibles rendimientos".

La Sección demuestra con numerosos aplausos el agrado con que ha oído la lectura de los anteriores trabajos.

A propuesta del Sr. PRESIDENTE, se acuerda conste en acta la satisfacción de la Sección por la lectura de un artículo publicado en *El Sol* del día 18 de los corrientes y suscripto por D. Mariano de Cavia, como asimismo que se dé a conocer este acuerdo al interesado.

Se levanta la sesión a la una de la tarde, después de leído el orden del día para el siguiente.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 21 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y media de la mañana.

El Sr. PATAC (D. Ignacio) da lectura a un interesante estudio, que, en extracto, es como sigue:

"EXTRACTO DEL TRABAJO TITULADO "LA FORMACION URALIENSE ASTURIANA".

Por D. Ignacio Patac, *Ingeniero de Minas* (1).

El hullero superior de la cordillera Cantábrica, de facies marina, o sean el *uraliense,* desbordado por diferentes puntos de la misma, ha penetrado en Asturias por el Oriente y por el Occidente, formando depósitos carboníferos que plegamientos post-uralienses o permianos y la denudación han dejado reducidos a pequeñas manchas y cubetas, algunas de escaso valor industrial.

En la parte oriental de la provincia han quedado restos de esta formación en Onís, Cabrales, Sebarga, Pría, Campo de Caso, la Marea y en otras localidades donde tan sólo ofrecen lechos de pizarras estériles.
cuencas de Tormaleo, Gedrez, Valle de Gillón y Tineo.
En el Occidente, de mayor importancia industrial, han quedado las

El estudio de las cuencas aisladas de Arnao (Avilés), Ferreñes, Santofirme, Viñón, Torazo, Carrandi (Colunga), de los sondeos de la Vega y Caldones, en el concejo de Gijón; del de Amandi, en el de Villaviciosa, y de los asomos de terreno hullero en el cretáceo de Pola de Siero y Lieres, y en el trías de Fresuelo, conduce a admitir que la zona situada al Norte de la cuenca wesafaliense asturiana, es decir, la región comprendida entre Avilés y el puerto de Sueve, contiene también depósitos del hullero superior por debajo de los terrenos mesozoicos, y que este hullero se interna en el mar.

---

(1) Este trabajo ha sido publicado aparte por el autor, que lo enviará a quien se lo solicite, Escuela de Capataces, Mieres (Asturias).

El descubrimiento de la flora permiana en Vergueres (Pola de Siero) con *Callipteris conferta, Walchia piniformis* Schlt, *Walchia lypnoides* Brong, asociada a formas propias del hullero superior, como el *Pecópteris arbórecens* Schlt, y *P. Pluckeneti,* viene a poner en claro el problema geológico, ha tiempo planteado en España, acerca de la existencia del sistema permiano, del cual jamás se habían encontrado especies características en nuestro suelo. Estas hiladas permianas, quizá contemporánea de las "hiladas de Lebach" de la cuenca hullera de la Sarre, se presentan, al parecer, como es corriente en este sistema, sobrepuestas, concordantemente a las del hullero superior, de las que conservan una gran parte de su flora.

No habiendo ningún indicio hasta la fecha de que debajo de estos depósitos hulleros de dicha zona septentrional se encuentre la prolongación de los senos hulleros de la cuenca central, cuyas líneas axiales vienen a reunirse en el valle cretáceo de la Cruz (Pola de Siero), la formación uraliense (o permo-carbonífera) asturiana, ha sido completamente transgresiva respecto al carbonífero de Langreo y Mieres, quedando éste reducido, por lo tanto, a una cubeta aislada de carácter continental, rodeada, después del primer dinamismo herciniano, por los mares uraliense y permiano.

Sería de un gran interés para la economía de la región y de España el levantamiento de un plano tectónico de toda esta zona, al estilo del que han hecho los geólogos extranjeros M. René Nicklés y Joly (con la cooperación de los Sres. Marcel Bertrand, Bergeron Villain y Zeiller) de los terrenos secundarios de Meurthe-et-Moselle, y que dió por resultado el descubrimiento de la prolongación de la cuenca hullera de la Sarre en el territorio de la Lorena francesa.

Los sondeos efectuados en Asturias y los asomos carboníferos en los terrenos del trías y de la creta prueban que el hullero infrayacente está muy plegado y, por lo tanto, el éxito de los sondeos dependerá necesariamente del conocimiento que pueda tenerse del relieve tectónico de este carbonífero. Pero este relieve tiene siempre una cierta relación con el de los terrenos mesozoicos que lo recubren, y de ahí la conveniencia de efectuar el trazado de un plano estratigráfico bien detallado de estos terrenos y de hacer el estudio de todas las circunstancias que han contribuído a darle su configuración actual.

Teniendo en cuenta que toda esta zona comprendida entre Avilés y puerto de Sueve, Oviedo, Infiesto y el mar, es una zona de hundimiento, es muy posible que los depósitos carboníferos hayan adquirido en ella mayor espesor, y de consiguiente, puedan existir cubetas hulleras a no muy grande profundidad y en excelente situación geográfica para ser susceptibles de explotaciones industriales de importancia."

Como conclusión del extenso trabajo que precede, se aprueba la siguiente:

"Necesidad de ampliar los sondeos en Asturias para el descubrimiento de las grandes cubetas hulleras que posiblemente existen a no gran profundidad, y especialmente en la zona entre Avilés y Puerto de Sueve, Oviedo, Infiesto y el mar, así como la formación de un plano tectónico de toda la zona carbonífera."

El Sr. DE RODRIGO (D. Rodrigo) lee a continuación el siguiente trabajo:

"EL APROVECHAMIENTO DE LOS LIGNITOS Y LA FABRICACION DE ABONOS NITROGENADOS EN ESPAÑA

Por D. RODRIGO DE RODRIGO Y JIMÉNEZ, *Ingeniero de Minas.*

El problema de la producción industrial del ácido nítrico y sus compuestos derivados, partiendo de la utilización del nitrógeno atmosférico, viene estudiándose, con más o menos éxito, desde hace unos veinte años, y han sido halladas para él varias soluciones, cuya aplicación posible depende en cada nación de circunstancias muy variadas.

La importancia de la cuestión justifica perfectamente el interés despertado; pues harto conocidas son las aplicaciones del ácido nítrico en las industrias de la Fotografía, de los álcalis, de las materias colorantes y tantas otras de la Química moderna; el lugar fundamental que ocupa en la fabricación de explosivos y, sobre todo, la necesidad imperiosa que todos los pueblos civilizados tienen de emplear los nitratos como elementos fertilizantes de las tierras de cultivo, a las que son absolutamente indispensables.

Hasta hoy, puede decirse que la única fuente de que el hombre disponía para obtener productos tan esenciales para su vida eran los yacimientos de nitratos de Chile y Bolivia. Descubiertos estos criaderos en 1830, comenzaron a utilizarse en 1850, y su exportación, principalmente a Europa, ha crecido desde entonces según una progresión verdaderamente alarmante, ya que no será posible sostenerla mucho tiempo sin agotar tan preciosas reservas. Estas parece que ascienden a 600 millones de toneladas en la América meridional, y a 22 millones en los nuevos yacimientos descubiertos recientemente en California. La importación europea, que en 1860 representó 225.000 toneladas, era en 1914 de tres millones y medio. Esta progresión fué interrumpida con motivo de la guerra; pero, de continuar, como es inevitable, los depósitos americanos se agotarán en un plazo, tasado en cuarenta años por

las sociedades explotadoras, y en ciento cincuenta, según las cubicaciones más optimistas. En todo caso, es irremediable su fin próximo; y antes de que llegue, el hombre ha de buscarles una substitución previsora. En parte, podrá suplirse el salitre chileno con el sulfato amónico obtenido en la destilación de las hullas; pero esta producción, por mucho que crezca, no podrá bastar ni remotamente a las exigencias imperiosas de la demanda.

Hay, sin embargo, una reserva prácticamente inagotable de nitrógeno, que es la atmósfera; inmenso depósito que contiene 400 trillones de toneladas, y cuya utilización persiguen con ahinco los más sabios investigadores, tratando de vencer la inercia de este gas, refractario a toda combinación, en condiciones ordinarias de presión y temperatura.

Dos series paralelas de procedimientos han conseguido llegar a resultados relativamente satisfactorios: uno, fijándolo en forma de ácido nítrico, por combustión directa con el oxígeno, valiéndose de la chispa eléctrica, y otro, absorbiéndolo químicamente por intermedio de carburos metálicos a elevada temperatura.

El primer sistema tropieza con el inconveniente de su escaso rendimiento industrial, que, prácticamente, no puede estimarse en más de 500 kilos de ácido nítrico fabricado por kilovatio-año consumido. El segundo da rendimientos más elevados, pero encuentra la dificultad de tener que fijar el nitrógeno valiéndose de substancias de producción limitada, de valor relativamente grande, y que, a su vez, exigen para su fabricación cantidades considerables de energía. Tanto en uno como en otro caso, el problema está, pues, reducido a disponer de fuerza en cantidad suficiente y en condiciones de precio que permitan competir con el que tengan los nitratos chilenos en el lugar de consumo.

Respecto a la cantidad de energía necesaria, es tal, que si se pretendiese fabricar ácido nítrico por los procedimientos empleados en Noruega, en volumen suficiente para substituir a la importación de nitratos, no bastarían, dedicados a ello, todos los saltos de agua actualmente en explotación en Europa, cuya potencia representa unos cuatro millones de caballos. En cuanto al precio que esta fabricación requiere, si ha de competirse con el salitre de Chile, dado su valor en condiciones normales antes de la guerra, no debe exceder de 30 a 50 pesetas por caballo-año, según las condiciones locales de emplazamiento, con los rendimientos actuales.

Parece, pues, a primera vista, que no es una empresa tentadora, desde el punto de vista comercial, emprender la fabricación de un producto en lucha con un terrible competidor; que ha de absorber una cantidad de energía fabulosa, y que ha de disponerse de ésta a un

precio inferior al que permiten pagar tantas otras numerosísimas aplicaciones industriales.

Mas debe tenerse en cuenta que la Naturaleza nos ofrece inmensos manantiales improductivos de fuerza, a los que es preciso buscarles aplicación; que las reservas hidráulicas inactivas en Europa representan unos 45 millones de caballos, y más de 25 las estudiadas para los Estados Unidos; que el valor de los nitratos americanos sube gradualmente en la escala que la demanda aumenta, y crecerá más rápidamente a medida que los criaderos se aproximen a su agotamiento; y, sobre todo, que el buscar un substituto a éstos es una necesidad ineludible, si hemos de procurar que los hombres del porvenir coman pan.

Exigen, además, la fabricación de productos nitrogenados, razones de alto interés político y consideraciones impuestas por la necesidad de alcanzar la independencia económica de los pueblos. Elementos tan esenciales como los nitratos, primera materia para la fabricación de pólvoras y explosivos, indispensables para la defensa nacional, y abono imprescindible para sostener la fertilidad y la producción del suelo arable, deben fabricarse, necesitan obtenerse, dentro de cada nación, para no estar a merced del suministro extranjero, que puede faltar en el momento más necesario.

Sírvanos de ejemplo el caso de Alemania en la pasada guerra. Esta nación, que en 1860 consumió 55.000 toneladas de nitrato de Chile, importaba anualmente, al estallar la conflagración, 800.000. Al romperse las hostilidades, tenía en sus almacenes una reserva de 100.000 toneladas, que fueron rápidamente consumidas por las fábricas de municiones. Para sostener la producción de explosivos, se aprovecharon todos los productos químicos que contenían nitrógeno; al mismo fin se dedicó, transformado, todo el sulfato amónico obtenido en la destilación de hullas, que fué llevada al límite posible. Mas no bastaba, y hubo de recurrirse al nitrógeno atmosférico; acertadas investigaciones perfeccionaron los procedimientos iniciados por Frank y Caro, en 1905, y en todas partes donde fué posible se instalaron fábricas, que llegaron a producir cantidades considerables de nitrato de calcio. Pero no pudo improvisarse tan enorme volumen como era necesario, bajo la presión formidable de la guerra; y si las fábricas de explosivos fueron atendidas, no hubo posibilidad de hacer lo mismo con las necesidades agrícolas. Los altos rendimientos en trigo de los campos alemanes, sostenidos a base de abonos, descendieron de una manera enorme; y tal vez haya sido el hambre la causa fundamental que ha hecho derrumbarse el poderío alemán antes de que pudiera bastarle su propia producción de nitratos.

El día, bien cercano, que la instalación de estas fábricas esté ter-

minada, Alemania producirá más de 500.000 toneladas de nitrato de calcio, y se habrá emancipado de abastecedores extraños.

Simultáneamente con éste, ha resuelto la Química alemana otro problema interesantísimo durante la guerra: la fabricación del amoníaco sintético, según el procedimiento de Haber, perfeccionado, implantada por la "Deutsche Anilin und Soda Fabrik", para llegar, por este medio, a la producción de nitratos. Este procedimiento novísimo, cuyo detalle desconozco, parece ser que constituirá una de las más importantes industrias alemanas, y que los norteamericanos piensan implantarla rápidamente en su país. Tal vez estos métodos recientes superen de tal modo a los conocidos que basten a transformar esta industria naciente del nitrógeno; en todo caso será necesario estudiar en los lugares de aplicación estos y los demás procedimientos que hayan sido empleados en los distintos países durante el período febril de la guerra; y simplificado o no el problema que estudiamos, seguirá existiendo para nosotros, y no quitará fuerza a lo expuesto, aunque los adelantos hoy desconocidos rectifiquen algo de lo que queda por exponer.

España, por desgracia suya, ha sido hasta ahora una pequeña consumidora de nitratos alcalinos. En 1908 importó unas 8.000 toneladas, y en 1914 llegó aproximadamente a 33.000, que en aquella época valían unos 11 millones de pesetas; pues el salitre con 15-16 por 100 de nitrógeno se vendía a 325 pesetas tonelada en los depósitos de los puertos. Esta cifra es verdaderamente exigua, e indica el atraso de nuestros cultivos; siendo la superficie agrícola española superior a 200.000 kilómetros cuadrados, resulta un empleo medio de fertilizantes nitrogenados de poco más de 1,5 kilos por hectárea, mientras que en Alemania e Inglaterra es de cerca de 20, en Francia se aproxima a 10, y en Bélgica pasa de 50. Los resultados de estas diferencias en el empleo de abonos nitrados bien claro se ven en cualquier estadística comparando los rendimientos de las tierras.

Considerando la extensión de campo dedicada en España al cultivo de cereales, y teniendo en cuenta que éstos son los que más nitrógeno necesitan, hasta el punto de que en los países progresivos emplean para ellos los nitratos en la proporción de 100 a 130 kilos por hectárea, creemos que en nuestra patria deberían consumirse más de 200.000 toneladas de salitre por año.

Claro es que por hoy resultaría arriesgado atacar la fabricación de nitratos para alcanzar esta cifra, y mucho más considerando cuáles son nuestros elementos productores de energía y el precio que ésta al-

canza transformada en flúido eléctrico. Nuestras reservas hidráulicas no son de importancia exagerada; y de utilizarlas, puede hacerse en industrias mucho más remuneradoras que la del nitrógeno. Pero el problema no es insoluble: nos queda un manantial inmenso de energía intacto: nuestros yacimientos de lignito. Según los estudios más detenidos hechos sobre esta cuestión, resulta que la extensión explotable de estos combustibles, en las cuencas exploradas, es de unas 65.000 hectáreas, que encierran, según las cubicaciones más dignas de crédito, unos 850 millones de toneladas. La utilización de los lignitos como combustibles directos está, a nuestro juicio, muy lejos de un porvenir brillante: el industrial y el particular preferirán siempre quemar en sus hogares carbones de más alto poder calorífero y menos inconvenientes; y para competir con las hullas en los grandes centros de consumo sería necesaria una red ferroviaria muy completa y con tarifas muy reducidas, lo que no puede esperarse en mucho tiempo. A nuestro juicio, el único aprovechamiento racional de los lignitos sería su destilación en lugares próximos a los centros de explotación.

La destilación de lignitos en gasógenos, con poco aire y mucho vapor de agua recalentado, produce un gas combustible, utilizable en motores de explosión, y una porción de subproductos de considerable valor industrial. Un lignito de calidad mediana puede producir de 2.500 a 3.000 metros cúbicos de gas, limpio de alquitranes, por tonelada, con un poder calorífero de unas 2.000 calorías y capaz de producir unos 1.650 caballos-hora; lo que corresponde a un caballo-hora por cada 1,7 metros cúbicos de gas quemado. El gas sale de los motores a una temperatura de 500 grados, y se le hace pasar por calderas tubulares donde se produce vapor para los gasógenos de destilación, accionar bombas, etcétera. Antes de su combustión, este gas cede por condensación, alquitrán, benzol, aceites pesados y ligeros, naftalina, etcétera; substancias todas de un apreciable valor comercial, y que pueden tener aplicación y aun servir de base a numerosas industrias derivadas. Pero queda también un subproducto de mayor interés: el amoníaco, que, absorbido en torres de lluvia pulverizada de ácido sulfúrico, se transforma en sulfato amónico, el cual, empleado directamente, constituye un excelente fertilizante, y puede servir también para la fabricación de nitratos. El lignito de mediana calidad que consideramos dará una cantidad variable de sulfato amónico, según el contenido inicial de ázoe, que puede estimarse en unos 35 kilos de sulfato por tonelada y unidad de nitrógeno combinable. Siguiendo estos métodos de destilación, se aprovechan anualmente en los países del centro de Europa muchos cientos de miles de toneladas de lignitos de calidad muy inferior a los

nuestros, y volúmenes enormes de turbas, con excelentes resultados económicos y fabriles.

Nuestras cuencas lignitíferas son susceptibles de una explotación intensa y fácil: las capas son regulares, continuas y de potencia suficiente para permitir un laboreo de poco coste; la destilació . no requiere clasificaciones esmeradas ni complejidades de lavado; estimamos, pues, que el precio de la tonelada en las fábricas de destilación debe ser muy inferior a *20 pesetas tonelada.* Aunque no conocemos exactamente las características ni la composición media de los lignitos de nuestras extensas cuencas, poco estudiadas en detalle, creemos que puede contarse con un rendimiento mínimo de 1.500 caballos-hora y 52 ½ kilos de sulfato amónico por tonelada de combustible gasificado, equivalente a un contenido de 1,5 por 100 de nitrógeno aprovechado.

El sulfato amónico valía antes de la guerra a 35 pesetas los 100 kilos. Desde fines de 1914, su precio ha sufrido grandísimas oscilaciones, llegando a venderse a 2.000 pesetas tonelada; según las últimas cotizaciones, su precio es ahora de 115 pesetas los 100 kilos; y aunque éste no puede admitirse como definitivo, tampoco es de esperar que llegue nunca al primeramente mencionado; creyendo pecar de optimistas al admitir el precio medio entre los dos, que resulta de 75 pesetas los 100 kilos. A este precio, el sulfato amónico producido por tonelada de carbón valdrá unas 40 pesetas. Es decir, que asignado a la destilación un precio de coste de 20 pesetas por tonelada de lignito gasificado, comprendiendo gastos de la operación, amortización de instalaciones, interés del capital invertido, etc., etc., resultará gratis la fuerza obtenida en los motores de gas, o, por lo menos, a un precio insignificante. No obstante, en las apreciaciones que han de seguir supondremos a la energía eléctrica necesaria un valor de 100 pesetas el kilovatio-año, que garantice un beneficio industrial al explotador.

A fin de evitar transportes largos de los lignitos, podrían instalarse fábricas de destilación capaces, por ejemplo, para 80.000 toneladas anuales, que absorbiesen la producción de explotaciones limitadas, con una potencia de unos 10.000 kilovatios; esta energía podría ser transportada, en forma de corriente eléctrica a alta tensić.., al lugar de emplazamiento de la fábrica de productos nitrogenados, sobre una línea férrea y reuniendo condiciones locales determinadas (buena situación geográfica, proximidad de buenas calizas, etcétera).

La capacidad productiva de la fábrica, si ésta se alimentase con una sola de estas centrales generatrices, sería de unas 5.000 toneladas de ácido nítrico, o 7.500 de nitrato de calcio, por año; esta substancia se vendía antes de la guerra a un precio variable de 30 a 35 pesetas los 100 kilos; hoy se paga a 75 pesetas, y, admitiendo, como precio medio

para el porvenir, el de 50 solamente, la producción anual de la fábrica representaría un valor de 3.750.000 pesetas.

Fábricas semejantes podrían irse montando a medida que la demanda del mercado lo exigiera, en relación con fábricas de destilación repartidas sobre las cuencas de lignitos; serían así necesarias 4 ó 5 fábricas para substituir, con nuestra propia producción, la importación anual, normal, de nitratos alcalinos de Chile.

Para alcanzar la producción de 200.000 toneladas, que hemos apuntado como un mínimo deseable de cifra de consumo, a fin de que estuviesen bien atendidas nuestras necesidades militares e industriales, y abonadas regularmente nuestras tierras depauperadas, con recursos exclusivamente expañoles, sería preciso establecer veintiséis grupos de fábricas similares a los indicados, sobre nuestra superficie lignitífera, o un menor número de mayor capacidad productiva, según la experiencia lo aconsejase. Conseguida semejante fabricación de compuestos nitrogenados, representaría un valor anual de 100 millones de pesetas, a los precios que hemos considerado como probables, y una riqueza incalculable, pero enorme, la creada como consecuencia de la sobreproducción agrícola y de las industrias derivadas de la aplicación de los diferentes productos obtenidos.

Pasaremos ahora una ligera revista a los diferentes procedimientos empleados para la captación del nitrógeno atmosférico, indicando, en los más perfeccionados de los conocidos, los rendimientos alcanzados y sus posibles condiciones de implantación en España.

PROCEDIMIENTOS ELECTRICOS

Todos ellos están fundados en el experimento clásico de Cavendish, consistente en hacer saltar chispas en aire con un exceso de oxígeno y vapor de agua, obteniendo alguna cantidad de ácido nítrico; sin que se haya aclarado si esta síntesis se produce por influencia especial de la descarga eléctrica o por la simple elevación de temperatura que ésta provoca.

Los procedimientos industriales aplican el arco normal, bien sea sometido a la influencia de un campo magnético, o desviado por la acción de una corriente insufladora, recurriendo, para extender la superficie activa, a diversos dispositivos de detalle, que no entraremos a describir. Los más importantes son los siguientes:

PROCEDIMIENTO MAC-DOUGALL.—Con él, se obtuvieron 25 gramos de ácido nítrico por caballo-hora, equivalentes a unos 300 kilos por kilovatio-año.

PROCEDIMIENTO BRADLEY.—Fué aplicado en 1902, sin resultados satisfactorios. Modificado por Lovejoy, lo empleó la "Atmosferie Productus Co.", aprovechando los saltos del Niágara, llegando a rendimientos de 340 kilos de NO_3H por kilovatio-año.

PROCEDIMIENTO KOWALSKY.—Empleado en 1904, sin gran éxito, porque a la temperatura del horno los óxidos de nitrógeno son inestables y se disocian en los elementos componentes. Con modificaciones recientes de Mosciki, se ha llegado a 525 kilos por kilovatio-año.

PROCEDIMIENTO PAULING.—Utilizado para explotar importantes saltos en los Altos Alpes franceses, en Insbruck (Tirol) y cerca de Milán, de una potencia total de 28.000 caballos; consíguense rendimientos de unos 610 kilos por kilovatio-año.

PROCEDIMIENTO SCHONHERR.—Instalado en Christiansand (Noruega), con altos rendimientos relativos también, por lo que están en construcción en dicho país varias fábricas que han de aplicarlo con una potencia de 125.000 caballos.

PROCEDIMIENTO DE BIRKELAND-EYDE.—Era el más empleado en Noruega. Las importantes fábricas de Nottoden tienen instalados unos 40 hornos, que absorben cerca de 40.000 caballos y dan una producción de 20 a 25.000 toneladas de nitratos. En Telemaken se están montando fábricas para una potencia equivalente. El resultado dado por este sistema es de unos 600 kilos de NO_3H por kilovatio-año.

La característica de estos procedimientos está en el deficiente rendimiento práctico, de 500 a 600 kilos por kilovatio-año, muy alejado aún del teórico, que es de 950, y en las dificultades que encierra la concentración de las soluciones nitradas, por la cantidad de calor que se requiere y los inconvenientes de manejar tan grandes volúmenes. No obstante, en Escandinavia, donde disponen de grandes reservas hidráulicas (unos 15 millones de caballos, cuyo coste es de unos 15 francos el caballo-año), se han extendido bastante y producirán unas 150.000 toneladas de nitratos, con 15 por 100 de N, destinando a ello una potencia de unos 400.000 caballos.

Implantados en España estos métodos, el precio de coste de la tonelada de ácido nítrico de 23 por 100 de N, calculamos que podría ser el siguiente:

Energía eléctrica (a 100 ptas. Kw.-año)..........	200
Reparaciones	15
Concentración de las lejías........................	50
Gastos de fabricación y generales................	70
Amortización e interés..............................	40
Total..............................	375

Con este precio de coste del ácido, el de la tonelada de nitrato de calcio resultaría próximamente a 400 pesetas. Por lo tanto, en las condiciones anteriormente supuestas, quedaría un margen de unas 100 pesetas para competir con el nitrato extranjero, y el beneficio de la fábrica, de 7.500 toneladas de producción, ascendería próximamente a 750.000 pesetas. El precio del kilo de nitrógeno sería de 1,65 al estado de ácido nítrico, y de 2,65 al estado de nitrato de calcio de 15-16 por 100. La cantidad de nitrógeno combinada representa 1.150 toneladas.

PROCEDIMIENTOS QUIMICOS

Se basan en los estudios de Moissan, Otswald, Pfleger, etcétera, y consisten, en esencia, en absorber el nitrógeno por ciertas substancias calentadas al rojo, que pueden ser metales susceptibles de formar nitruros, algunos óxidos metálicos, polvo de carbón, etcétera. Pero el resultado más satisfactorio hasta la fecha se ha obtenido con carburos de distintos metales, y en particular, con el de calcio, a causa de su mayor facilidad de fabricación. A éste, pues, exclusiamente nos referiremos.

Procedimiento Frank-Caro.—En hornos de forma cilíndrica, que contienen unos 300 kilos de carburo de calcio molido, se hace circular una corriente de nitrógeno puro, que a la temperatura de 1.000° a 1.100° se fija en la proporción de un 90 por 100, bajo la forma de un compuesto cuya fórmula es CN_2Ca, al que se ha dado el nombre de calciocianamida.

La reacción dura de diez y ocho a treinta y seis horas, y su terminación se acusa por un máximo muy perceptible, que se manifiesta en la temperatura. La calciocianamida es un producto negruzco, de olor fosforado, que contiene teóricamente 30 por 100 de nitrógeno, y prácticamente, en general, de 20 a 22 por 100. En agua fría se disuelve, aunque se descompone muy lentamente, y con vapor de agua produce amoníaco. Fué adoptado este sistema en la gran fábrica instalada en 1908 en Piano d'Orte (Italia), y por la "Cyanid Gesselscharft", de Berlín, empleando 150 retortas verticales, parecidas a las del gas, de 1,40 × 1, con una capacidad de 400 kilos de carburo. La elevación de tempera-

tura se obtenía obrando la masa de carburo, como resistencia eléctrica, entre una barra de grafito central y la pared del horno, sirviendo de electrodo. Se obtiene una masa, que contiene de 20 a 21 por 100 de nitrógeno, al cabo de veinticuatro horas de operación.

También puede hacerse reaccionar el nitrógeno en el horno sobre los elementos constituyentes del carburo, y no sobre éste fabricado de antemano, obteniendo cianamida de calcio, con desprendimiento de óxido de carbono (según la fórmula $CaO + C_2 + N_2 = CO + CN_2Ca$); es entonces un producto con 12-14 por 100 de N en vez de 20-22 por 100 que se obtiene con el carburo corriente.

Procedimiento Polzenius.—Empleado en Magdeburgo desde 1906, consiste en agregar al carburo pulverizado un 10 por 100 de cloruro de calcio, para obtener la llamada "cal nitrogenada" (stikstoffkalk). Tiene la ventaja de que la reacción se verifica a 700 grados solamente, y el inconveniente de que el producto es higroscópico y contiene alguna cantidad de cloro (hasta 7 por 100), lo que dificulta sus aplicaciones agrícolas; la composición es de 20 por 100 de N, 45 por 100 de Ca y 20 por 100 de C.

Procedimiento de Carlson.—Consiste simplemente en emplear como agente catalítico el fluoruro de calcio, en vez del cloruro, para evitar la higroscopicidad; pero, en cambio, desprende algo de ácido fluorhídrico, que puede constituir un mayor peligro para las plantas.

Procedimiento Pollogi.—Los hermanos de este nombre han propuesto el empleo de un 4 por 100 de carbonato potásico, como elemento catalizador, con lo que se consigue la fijación del nitrógeno entre 800 y 900 grados, con gran regularidad si se aumenta un poco la presión; se obtiene un producto no higroscópico, en el que queda inalterable la sal potásica y que constituye por esto un excelente abono más completo; tratado por el ácido sulfúrico, forma también un magnífico fertilizante a base de potasa y sulfato amónico.

La calciocianamida ha sido muy discutida como abono, achacándosele que desprende acetileno, que daña a las semillas y se opone a la germinación. Para evitar el primer inconveniente, se la granula en fábrica, rociándola con una disolución acuosa de cola o aceite de alquitrán, que descompone los residuos remanentes de carburo y evita la producción de polvo al echarla sobre la tierra; en cuanto a los segundos, se eluden empleándola quince días antes de la siembra.

Experiencias de cultivo de Wagner, Muntz, Perotti, etcétera, han demostrado plenamente que es un excelente abono de alto valor, comparable al sulfato amónico y al nitrato sódico, y debe emplearse como éstos, en la proporción de 100 a 150 kilos por hectárea; debe echarse en la superficie, al comienzo de la primavera, y en otoño, antes de las

labores, enterrándolo a profundidad media; las bacterias las descomponen en carbonato de cal y amoníaco, siendo la nitrificación a los cinco meses de 90 por 100; es, pues, de los abonos nitrogenados el más activo.

La calciocianamida se emplea también como agente de cementación de los aceros ("ferrodur"), para rebajar la temperatura de detonación de los explosivos y para obtener la urea, tratándola por los ácidos en disolución acuosa.

Al comenzar la guerra, había en explotación fábricas de calciocianamida en Italia, Francia, Alemania, Noruega, Suiza y los Estados Unidos, que producían unas 210.000 toneladas, de las que correspondían 115.000 al procedimiento Frank-Caro, y unas 100.000 al método de Polzenius.

La cianamida cálcica ha sido ya empleada en España, con resultados muy satisfactorios, en los arrozales valencianos y muchos otros cultivos; su uso está muy indicado en nuestro país, donde abundan los terrenos calizos y arcillosos, para los que es marcadamente recomendable; su fabricación nacional es de esperar, por tanto, que tendría muy favorable acogida entre nuestros agricultores, si pudiera ofrecerse en condiciones aceptables de precio.

Para calcular éste, debemos tener en cuenta que la calciocianamida exige dos fabricaciones previas: la del carburo y la del nitrógeno.

La primera ha tomado ya carta de naturaleza en España, donde se producen anualmente unas 18.000 toneladas, casi íntegramente consumidas. El carburo, de 300 litros de acetileno por kilo, exige, para su formación, en hornos Toan como los utilizados en Terni y Bussi (Italia), una potencia de 0,555 Kw.-año por tonelada. Su precio de costo puede, pues, establecrse como sigue:

1.200 kilos de caliza..............................	18,45
60 kilos de cok..	60,00
Reparaciones	25,00
Mano de obra..	50,00
Gastos generales....................................	21,00
Energía (a 100 ptas. Kw.-año)..............	55,55
Total..........................	230,00

En cuanto al nitrógeno, obtenido por destilación del aire líquido, puede fabricarse a 0,125 pesetas el kilogramo, quedando como subproducto

oxígeno de 90 a 93 por 100 de pureza, susceptible de aplicación industrial remuneradora.

Por consiguiente, llegamos, para precio de coste de la calciocianamida, al siguiente:

Una tonelada de carburo de 80 por 100..........	230
200 kilos de nitrógeno (a 0,125)....................	25
Reparaciones	30
Fabricación	40
Gastos generales...	15
Amortización e interés....................................	35
Total...	375

Vemos, pues, que el precio de fabricación es prácticamente igual al del ácido nítrico, por el procedimiento eléctrico, y sensiblemente inferior al del nitrato de calcio; el kilo de nitrógeno, al estado de cianamida, resulta aproximadamente a 1,90 pesetas, considerando la riqueza media de 20 por 100.

Consideremos por otra parte que, mientras para fabricar una tonelada de nitrato eran necesarios 1,33 kilovatios-año, para fabricar la de cianamida sobran con 0,88. Por consiguiente, la central generatriz, que supusimos de 10.000 Kw., podrá producir, como mínimum, un tercio más de la segunda que de los primeros; es decir, 10.000 toneladas, que representan 2.000 toneladas fijadas de nitrógeno.

El margen de competencia con el nitrato chileno es de 12,50 pesetas en 100 kilos, y el beneficio posible de la fábrica, en las condiciones indicadas, de 125 × 10.000 = 1.250.000 pesetas.

Como resumen de lo expuesto, podemos formar el siguiente cuadro comparativo de los resultados que pueden obtenerse de una fábrica de 10.000 Kw. de potencia, según la producción a que se dedique:

	SALITRE	ÁCIDO	NITRATO	CIANAMIDA
°/₀ de nitrógeno................	15,5	23	15,5	20
Nitrógeno fijado (tonels.).....	”	1.150	1.150	2.000
Precio de coste (ptas.).........	500	375	400	375
Producción por 10.000 kilovatios-toneladas	”	5.000	7.500	10.000
Valor de la producción (ptas.)	”	2.500.000	3.750.000	5.000.000
Beneficio obtenido (ídem)....	”	625.000	750.000	1.250.000
Precio de venta del kilo de N. (pesetas)	3,23	2,17	3,23	2,50

Del examen de estas cifras se deduce que la calciocianamida, o la cal nitrogenada, es el producto cuya fabricación ofrece más garantías, por la sencillez de la operación, el rendimiento, la economía, la capacidad de producción, la cantidad de nitrógeno fijada y el precio de venta por unidad.

Claro está que tal deducción no es absoluta, y hecha queda la reserva de que modernos procedimientos, aun no divulgados, hayan perfeccionado otros métodos que puedan resultar ya más recomendables. Tanto mejor si así fuera; pero, en todo caso, creemos haber demostrado que la fabricación de productos nitrogenados es hoy, en España, conveniente, posible y remuneradora."

Por aclamación son aprobadas las siguientes conclusiones propuestas en el informe anterior:

"1.ª Las reservas españolas de lignito constituyen una inmensa riqueza inactiva y encierran una formidable potencialidad dinámica, que debe ser eficazmente aprovechada.

"2.ª La única utilización racional de los lignitos españoles es su destilación integral, con recuperación de subproductos y generación de energía, con el combustible gasificado.

"3.ª Una parte de la fuerza producida debe ser aplicada a la fabricación de los productos nitrogenados, que exigen imperiosas necesidades nacionales.

"4.ª El Estado debe fomentar la rápida implantación de esta industria, prestándole toda la protección que consientan las leyes y hasta intervenir en ella y desarrollarla por sí mismo creando una primera fábrica para asegurar el consumo de las manufacturas de guerra, o instalando un establecimiento experimental donde pueda demostrarse prácticamente la viabilidad de la empresa."



El Sr. DE CASTRO (D. Federico) toca de lleno el asunto de los carbones nacionales en la siguiente comunicación, que leyó a continuación de la del Sr. Rodrigo:

"NOTAS SOBRE LA INDUSTRIA HULLERA NACIONAL

Por D. Federico de Castro, *Ingeniero de Minas*.

Las conclusiones propuestas por el Sr. De Castro, y que fueron aprobadas por la Sección, son las siguientes:

"1.ª Que al plan de reconstitución nacional debe unirse la construcción de todos los medios de transporte precisos para que la intensificación de la producción en las minas de carbón contribuya en todo lo

que pueda al progreso de la Industria nacional, que tan necesitada está de combustibles.

"2.ª Que además de esta intensificación en la producción, el Estado debe procurar la mejor calidad de los carbones, aprovechando la variedad de nuestra producción y protegiendo para ello la fabricación e importación de maquinaria apropiada, ya levantando los gravámenes de fabricación o los de importación.

"3.ª Que debe estimularse la agrupación de las pequeñas concesiones de cada cuenca para así normalizar y aunar esta producción, con lo cual se facilitaría la labor del Estado.

"4.ª Que para procurar una ordenada distribución del combustible mineral y evitar abusivas ventas y reventas, debe procurarse la sindicación forzosa de todas las minas de España en un Sindicato único de ventas que normalizara los precios y los transportes.

"5.ª Que, logrado cuanto antecede, podrá evitarse la importación de carbones extranjeros, llegando a una exportación metódica de clases buenas, aprovechando la crisis mundial de mercados, que subsistirá aún durante mucho tiempo.

"6.ª Que la legislación del trabajo en las minas debe establecer reglas que garanticen en lo posible estas mejoras en la producción y calidad de los carbones españoles."



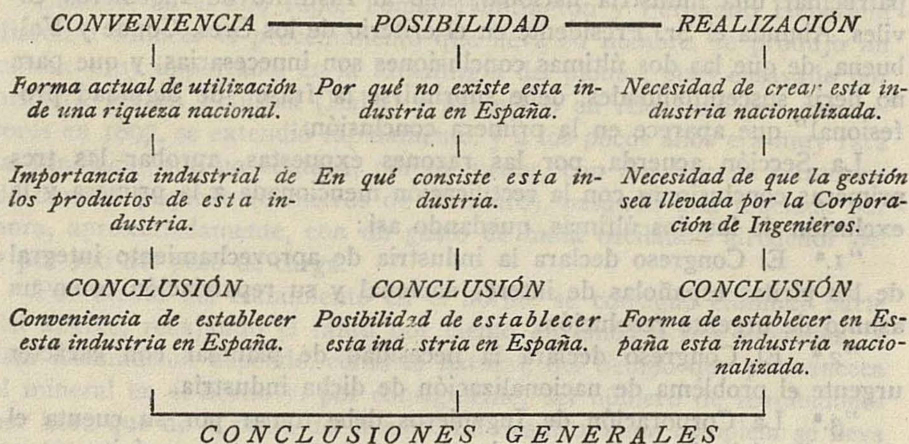
Aunque en el orden del día figuraba la discusión del programa de la reconstitución minerometalúrgica, redactado por la Mesa para remitirlo a la Sección 12.ª, se acordó, por lo avanzado de la hora—una y media de la tarde—, dejarlo para mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 22 DE NOVIEMBRE DE 1919

Bajo la presidencia del Sr. VILLASANTE, se abre la sesión a las diez y media de la mañana, con bastante concurrencia de señores Congresistas.

El Sr. DE MADARIAGA procede a dar lectura a un notable trabajo de que es autor, titulado *Repatriación del beneficio de las piritas españolas,* del que publicamos tan sólo el siguiente cuadro esquemático, que da idea del mismo. No se inserta íntegro por su mucha extensión y por haberlo publicado ya la Junta de Pensiones de Ingenieros y Obreros.

EXPOSICIÓN ESQUEMÁTICA DEL ESTUDIO



Se inicia un interesante debate sobre este tema, en el cual todos los Congresistas demuestran sus deseos de que España alcance en esta industria la independencia que debe tener.

Al ponerse a discusión las conclusiones presentadas por el Sr. Madariaga, interviene en primer término el Sr. ALONSO MARTINEZ, el cual, después de mostrarse de acuerdo con la orientación del traba-

jo y en un todo con sus tres primeras conclusiones, opina que es tal la transcendencia del problema, que debe llevarse a la Cámara minera, cuya constitución se propuso en la primera reunión de esta Sección.

Las dos últimas conclusiones, encaminadas a dar independencia a los Cuerpos de Ingenieros, desligándolos de todo intervencionismo del Estado, son rebatidas por el Sr. Alonso Martínez, que cree pertinente esta tutela.

El Sr. CONDE defiende las cinco conclusiones en su totalidad, y el Sr. VALBUENA pide la aprobación de las tres primeras. Respecto a las otras dos, dice este señor que no ve su necesidad, puesto que hay Comisiones nombradas al efecto.

Interviene de nuevo el Sr. ALONSO MARTINEZ, apoyando las manifestaciones del orador anterior y rebatiendo las del Sr. Conde. Ratifica, llamando la atención de la Sección respecto a una frase que debierá desaparecer de la conclusión primera.

Viendo que la discusión no sigue una marcha normal, interviene discretamente el Sr. PRESIDENTE, elogiando la labor del Sr. Madariaga por traer al Congreso un asunto de tan capital importancia; hace notar, para encauzar la opinión de la Sección, que el Sr. Madariaga no pretendía dar a ningún Cuerpo de Ingenieros el encargo de patrocinar una industria nacional, sino al Instituto de Ingenieros Civiles. Abunda el Sr. Presidente en el criterio de los Sres. Conde y Valbuena, de que las dos últimas conclusiones son innecesarias, y que para no herir susceptibilidades, debe suprimirse la frase "de dignidad profesional" que aparece en la primera conclusión.

La Sección acuerda, por las razones expuestas, aprobar las tres primeras conclusiones con la rectificación mencionada a la primera y la exclusión de las dos últimas, quedando así:

"1.ª El Congreso declara la industria de aprovechamiento integral de las piritas españolas de interés nacional y su repatriación como un asunto de urgente resolución.

"2.ª El Congreso declara la necesidad de plantear con carácter urgente el problema de nacionalización de dicha industria.

"3.ª La Corporación de Ingenieros debe tomar por su cuenta el desarrollo del plan más conveniente para lograr este propósito, y en consecuencia el Congreso invita al Instituto de Ingenieros Civiles a que designe una Comisión que estudie en el plazo más breve posible todo lo concerniente a esta industria y elabore el plan de ejecución que crea conveniente."

El Sr. RUBIO DE LA TORRE (D. Juan), Ingeniero de Minas, lee seguidamente una comunicación, de que es autor, que, en extracto, insertamos a continuación:

"SOBRE CALCINACION DE MINERALES DE PLOMO

Por D. JUAN RUBIO DE LA TORRE, *Ingeniero de Minas*.

Algunas consideraciones sobre la Metalurgia del plomo, y, especialmente, en lo que se refiere a la calcinación previa de los minerales. ¿Hasta dónde debe llevarse la desulfuración? Con los precios actuales de los combustibles y las dificultades con que se lucha para su adquisición, ¿deben emplearse los modernos procedimientos que preconizan la casi total eliminación del azufre antes de pasar los minerales al horno de fusión?

La primera cláusula de los Estatutos que regulan este Congreso dice que "Será objeto del mismo el estudio de las cuestiones de más interés y urgencia para el desarrollo de todas las industrias nacionales que se relacionen con la Ingeniería"; y aunque yo no voy a exponer ningún procedimiento transcendental, me ha parecido, sin embargo, que debía someter a vuestra consideración el resultado de mis observaciones, que pueden ser de utilidad a los fundidores en los momentos actuales.

Cuando, en el año 1896, Tomás Huntington y Fernando Heberlein dieron a conocer el procedimiento que lleva su nombre, se produjo un cambio muy importante en la Metalurgia del plomo; pues ensayado por primera vez en Petusola (Italia) y patentado en Alemania por sus autores en 1897, se extendió rápidamente, y a los pocos años era muy rara la fundición que no contaba, por lo menos, con dos hornos rotatorios de tamaño pequeño (6 metros de diámetro), pasando una tonelada por hora, aproximadamente, con un gasto de hulla oscilando alrededor del 7 por 100 del peso de carga.

Por medio del tratamiento en el horno, se consigue eliminar parte del azufre, rebajando el tanto por ciento en cinco o seis unidades; y esta disminución depende, como es natural, del tiempo que permanezca el mineral en el horno y, por consiguiente, del número de revoluciones por hora que dé la plaza del mismo. La desulfuración completa se lleva a cabo en el convertidor.

Omito la descripción de estos aparatos, así como también ciertas consideraciones relativas a la temperatura, marcha del trabajo y reacciones que se verifican, porque son bien conocidas de cuantos están iniciados en estas cuestiones; pero he de llamar la atención sobre el hecho de que cuantas tentativas y esfuerzos se han realizado en este sentido han tenido siempre por objeto la eliminación de la mayor cantidad posible del azufre de los minerales de plomo sulfurados, antes de pasar

éstos al horno de fusión, y al mismo tiempo la previa aglomeración necesaria.

Desde el antiguo reverbero, donde los minerales sometidos a un trabajo penosísimo y malsano apenas perdían algunas unidades de azufre, no consiguiéndose en realidad otro objeto que aglomerarlos, hasta los modernos procedimientos de Dwight y Llody y de Schlipenbach, hay una gran variedad de procesos que han venido a realizar el objeto indicado, reconociendo todos como principio fundamental la acción del oxígeno del aire sobre el azufre para eliminar éste en forma de gas sulfuroso, y se ha llegado a sentar la conclusión de que conviene, en lo posible, evitar la formación de mata en el horno de cuba.

En tal estado la cuestión, venía yo ajustando mi norma a estos principios en las operaciones metalúrgicas que por razón de mi cargo me están confiadas, cuando—como consecuencia de la guerra—vino el encarecimiento de los combustibles, y las dificultades para el suministro me crearon una situación tan difícil, que tuve que apagar uno de los hornos rotatorios de que disponía, disminuyendo, como es natural, la producción por falta de hulla. Esto ocurría en febrero del 1918; y como las dificultades aumentaban de una manera alarmante, pues de 250 toneladas mensuales que eran necesarias se recibían 40 ó 50, traté de calcinar con leña gruesa; pero no obtuve resultado satisfactorio; pues el coste variaba poco y el mineral salía del horno con mucho azufre.

Antes de llegar a la paralización de la fábrica, intenté el último esfuerzo, y me decidí a poner en práctica el procedimiento de Savelsberg, que, dicho sea en honor a la verdad, hasta entonces sólo había sido una tentativa más en materia de calcinación, sin haber encontrado verdadera aplicación práctica, entre otras razones, por el reducido precio que tenía el combustible en los países eminentemente productores de plomo.

Pero al aplicarlo en las condiciones indicadas por su autor, mezclando después el mineral con el 11 por 100 de SiO_2, 19 por 100 de CaO y 10 por 100 de fundente ferruginoso, como se intentó en la fábrica de Ramsbeck, y, más tarde, variando las proporciones, como en la fundición de Saint-Joseph Lead Co., de los Estados Unidos, donde el mineral de plomo lo mezclaban con el 13 por 100 de SiO_2, 5,9 por 100 de FeO y 6,6 por 100 de CaO, tuve un verdadero fracaso. Después de veinte horas de permanencia en el convertidor, el conjunto resultaba durísimo, casi escorificado (por la gran cantidad de sílice) y con el 4 a 5 por 100 de azufre.

Como los fundentes ferruginosos de que disponía para formar la parva de fusión tienen ordinariamente el 20 por 100 de sílice, era preciso añadir grandes cantidades al mineral calcinado para neutralizar la

parte ácida, y la ley de la parva disminuía notablemente aumentando las escorias y el consumo de cok.

Después de varias tentativas, en las que estuve a punto de fracasar, principalmente por la resistencia pasiva de los obreros, abiertamente opuestos a todo lo que signifique una variación en la rutina del trabajo cotidiano, conseguí obtener un resultado bastante aceptable mezclando el mineral con los fundentes en las proporciones que después diré.

Como consecuencia de estas tentativas, puedo afirmar lo siguiente:

1.° Que los minerales ricos (del 70 al 80 de Pb) no se desulfuran bien en el convertidor y se volatiliza bastante plomo aun vigilando la temperatura con frecuencia.

2.° Que las proporciones extremadas de sílice son perjudiciales; pues si existe en abundancia en el convertidor, tiende la mezcla a escorificarse, y sobre ser excesivamente duro el producto, la desulfuración no es completa, porque la parte escorificada envuelve nódulos de mineral, impidiendo su contacto con el aire, y si la sílice escasea no se logra la cohesión necesaria en la masa sometida a la calcinación y se produce gran cantidad de tierras, que requieren nuevo tratamiento. Estas, sin embargo, tienen la ventaja de que el calcinado que producen es de mejor calidad, pues ya están parcialmente desulfuradas.

3.° Que es muy favorable la adición de agua (5 a 6 por 100 de humedad), no solamente por su acción química (favorece la formación de ácido sulfúrico, que, por ser un gran oxidante, obra como desulfurante), sino también por su acción mecánica; pues evita que los polvos sean arrastrados al canal de humos por el viento.

4.° Que el éxito de la operación depende especialmente del encendido de la carga inicial.

5.° Influye también mucho la forma de la parrilla del convertidor, dando mejor resultado las planas o muy ligeramente curvas que las esféricas o cónicas.

6.° El calcinado no es homogéneo si el mineral no va bien mezclado con los fundentes, y las cargas deben darse por capas uniformes de 20 a 30 centímetros de espesor, exceptuando la primera, que puede ser mayor. Los obreros tienen siempre tendencia a cargar el convertidor de una sola vez. Esto les evita mucho trabajo y calor; pues los fuegos tardan bastante tiempo en aparecer en la superficie; y cuando en ésta hay varios puntos de ignición, consideran terminada su tarea. Esta práctica es muy perjudicial; pues rarísima vez llegan los fuegos simultáneamente a los distintos puntos de la superficie; lo que es indicio de una buena calcinación. La resistencia que la masa ofrece al paso del aire no es uniforme, como tampoco lo es la velocidad y, por consiguiente, la presión de los distintos filetes que pasan a través de los orificios

de la parrilla, y el aire que encuentra la línea de menor resistencia es el que primeramente llega a la superficie, habiendo formado una verdadera chimenea, por donde tiende a salir la mayor parte, quedando gran cantidad de mineral sin atacar. Cuando se opera por capas delgadas, es muy fácil corregir este defecto por el removido conveniente de la masa por medio de rastros o raederas apropiadas, que es precisamente lo que los obreros tratan de evitar.

Aconsejan los autores que se ponga sobre la parrilla una capa de granza de caliza para que, al convertirse en cal viva por la acción del fuego, absorba parte del calor que, sin este requisito, produciría la fusión del mineral que está en contacto con ella, atorándose los orificios de la misma, con notable perjuicio para la entrada del viento, y quedando adherida parte de la masa al volcar el convertidor. Yo he encontrado que es suficiente utilizar, con el mismo fin, los trozos de calcinado de operaciones anteriores, del tamaño de una nuez, que de todos modos, por su escaso volumen, tienen que pasar otra vez por el convertidor en unión de las tierras producidas.

Los minerales de plomo que se tratan en la fundición que dirijo oscilan entre ciertos límites; pero como término medio suelen tener 58 a 60 por 100 de Pb, 6 a 12 por 100 de FeO, 1 a 3 por 100 de SiO_2 e igual cantidad de CaO aproximadamente.

Para formar la parva de calcinación, conviene que por cada 100 kilos de mineral se pongan 6 de SiO_2, 4,50 de FeO y 9 de CaO; pero como estos fundentes no se encuentran en el estado de pureza que sería de desear, hay que proceder como sigue para calcinarlos.

El análisis de ellos da el siguiente resultado:

	SiO_2	FeO	CaO
1.º Fundente silíceo	90 por 100	7 por 100	0 por 100
2.º Idem ferruginoso	10 —	50 —	2 —
3.º Idem cálcico	13 —	1 —	43 —

Este es un problema cuyas incógnitas son las cantidades que hay que tomar de cada fundente para llegar a la composición deseada.

Si llamamos x a la cantidad necesaria del primer fundente, y designamos por y y z las que se han de tomar del 2.º y 3.º, respectivamente, podemos llegar a un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas razonando del siguiente modo:

Si en 100 kilos del primer fundente hay 90 de SiO_2 (según nos dice

el análisis), en x kilos que hemos de tomar habrá una cantidad que de momento llamaremos a, estableciendo la siguiente proporción:

$$\frac{100}{90} = \frac{x}{a}$$

de donde

$$a = \frac{90x}{100}$$

Razonando del mismo modo, se pueden obtener las cantidades de SiO_2 contenidas en los otros dos fundentes mediante las siguientes proporciones:

$$\frac{100}{10} = \frac{y}{a'}; \quad a' = \frac{10y}{100}. \qquad \frac{100}{13} = \frac{z}{a''}; \quad a'' = \frac{13z}{100}$$

Pero es evidente que la suma de las cantidades a, a' y a'' será el número de kilos de SiO_2 de que disponemos para 100 de mineral; y como dicha cantidad queremos que sea igual a 6 kilos, ya tenemos los elementos suficientes para plantear la primera ecuación:

$$\frac{90x}{100} + \frac{10y}{100} + \frac{13z}{100} = 6$$

Análogamente se llega a las otras dos relativas a las cantidades de **FeO y CaO:**

$$\frac{7x}{100} + \frac{50y}{100} + \frac{z}{100} = 4{,}5 \qquad \frac{2y}{100} + \frac{43z}{100} = 9$$

que pueden transformarse en estas otras:

$$\begin{aligned} 90x + 10y + 13z &= 600 \\ 7x + 50y + z &= 450 \\ 2y + 43z &= 900 \end{aligned}$$

Resolviendo este sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas, se obtienen los valores siguientes:

$$\begin{aligned} x &= 2{,}84 \\ y &= 8{,}19 \\ z &= 20{,}54 \end{aligned}$$

que son los kilos que debemos tomar de cada uno de los fundentes para llegar a la composición deseada.

Como en la práctica el número de kilos de mineral no será siempre un múltiplo de 100, es más sencillo, para saber las cantidades que hay que añadir, multiplicar el número de kilos de mineral por 0,0284, 0,0819 y 0,2054, respectivamente, y tendremos la seguridad de que hemos agregado al mineral el 6 por 100 de SiO_2, el 4,5 de FeO y el 9 por 100 de CaO.

Operando con la composición citada para integrar la parva de calcinación, llegué a obtener resultados tan aceptables como el que figura en el siguiente análisis:

Pb	54,00
SiO_2	6,50
FeO	15,45
CaO	7,70
S	2,64
Otros elementos	13,71
TOTAL	100,00

Pero la capacidad de los convertidores de que disponía era insuficiente para atender al consumo del horno de fusión, a consecuencia, como es natural, del aumento de tiempo necesario para efectuar la operación en un solo aparato y una sola vez. Empleando el horno rotatorio, la operación tiene dos fases, y la permanencia en el convertidor es de unas doce horas; pues el mineral viene parcialmente desulfurado, mientras que utilizando solamente este aparato, se necesitan diez y ocho o veinte horas para llegar al mismo resultado.

Tuve forzosamente que acelerar la operación, reduciendo la duración de la misma a diez y seis horas, a expensas de una eliminación incompleta del azufre.

Los análisis que cito a continuación ponen de manifiesto los resultados obtenidos:

Pb	52,00	Pb	57,00
SiO_2	6,60	SiO_2	6,00
FeO	16,71	FeO	12,86
CaO	7,30	CaO	7,50
S	6,03	S	7,13
Otros elementos	11,36	Otros elementos	9,51
Otros elementos	100,00	TOTAL	100,00

Pb	56,00
SiO_2	7,00
FeO	15,43
CaO	6,40
S	8,20
Otros elementos	6,97
Total...........	100,00

Las cantidades de azufre vienen siempre oscilando entre las cifras que figuran en estos análisis. Algunas veces disminuye notablemente, llegando al 4 ó 5 por 100; pero esto sucede cuando gran parte de la carga del convertidor procede de operaciones anteriores, encontrándose, por lo tanto, parcialmente desulfurada.

Los hornos de fusión que se utilizan para el tratamiento de estos minerales calcinados son circulares, de 1,90 metros de diámetro al nivel de las toberas y de 4,50 de altura hasta el piso de carga. Carecen de circulación de agua, y están cerrados en su parte superior por una bóveda que se llama *capilla,* provista de una o dos puertas de carga al nivel del tragante. Tienen seis toberas, dos canales o tejas para la evacuación de la escoria a 0,80 metros del piso de trabajo, y un antecrisol o reposador practicado en este mismo piso para recoger el plomo, cuya salida es discontinua por no disponer de sifón de Arents.

Las primeras fundiciones de esta clase de calcinado fueron muy penosas, indudablemente por el exceso de azufre, cuyas manifestaciones eran bien visibles, notándose especialmente por su coloración amarillenta en la superficie de la escoria al solidificarse en los *morteros* (1), observándose también sobre el plomo contenido en el reposador al hacer la sangría, y, sobre todo, en las paredes del horno tan pronto como se producía una fuga de gases por corrosión del revestimiento.

Era preciso dominar el azufre, y para ello podía recurrir a dos elementos: el oxígeno y el hierro. Aumenté la cantidad de viento inyectada, poniendo dos toberas más, y en los cálculos del lecho de fusión aumenté la cantidad de hierro, suponiendo que una parte muy importante del azufre no podía eliminarse por el tragante y quedaba en el horno para formar la mata.

El resultado fué definitivo. Bien pronto desaparecieron las manifestaciones a que antes me refería; pues parte del azufre en exceso se

(1) Así se llama a los recipientes móviles que se emplean para depositar la escoria hasta su completo enfriamiento, antes de ser llevada al gachero o escorial.

eliminaba en forma de anhidrido sulfuroso, y la otra quedaba en la mata enmascarada.

La marcha del horno mejoró notablemente, y la producción aumentó en un 15 por 100, descendiendo también el consumo de cok.

De tal manera fueron satisfactorios los resultados, que a continuación expongo los obtenidos en los meses de enero y junio, para su comparación:

Coste de producción de una tonelada de plomo en barras.

ENERO		Pesetas.	JUNIO		Pesetas.
Calcinación.	Fundentes......	3,60	**Calcinación**	Fundentes.......	2,96
	Jornales.........	8,51		Jornales.........	8,73
	Hulla.........	37,42		Hulla..........	3,18
Fusión....	Fundentes.......	3,35	**Fusión....**	Fundentes.......	3,70
	Jornales	8,59		Jornales	8,04
	Anexos..........	2,50		Anexos..........	3,16
	Cok............	90,08		Cok............	80,25
	Gastos generales..	24,38		*Gastos generales..*	21,72
	Total.....	178,43		Total.....	131,74

En el mes de enero, todo el calcinado se produjo con dos hornos Huntington-Heberlein y sus convertidores correspondientes, y tenía muy poco azufre, el 2,50 a 3 por 100, mientras que en junio el mineral se calcinó en los convertidores solamente del modo que ya hemos explicado.

En el mes de junio, el coste de producción ha resultado inferior en 46,69 pesetas al de enero. Pero aun suponiendo iguales los valores de todos los elementos de producción, exceptuando la hulla, resultaría una economía de 34,24 pesetas por tonelada, que en una fábrica que produjera mil mensuales representaría, al cabo del año, la respetable suma de 410.880 pesetas.

Comparando los resultados precedentes, se observa que los jornales de calcinación son mayores en el segundo mes; lo que se explica perfectamente por la mayor duración de la operación. El gasto de fundentes en fusión es también mayor en el mes de junio, habiendo una diferencia de 0,35 pesetas por tonelada, resultado concordante con la teoría; pues ya se ha explicado la necesidad de añadir más hierro a las parvas para la formación de matas.

El precio de la hulla, en esos meses, fué de 150 pesetas la tonelada (después ha sido y sigue siendo más elevado); pero suponiendo que,

al cabo de varios años, llegara a normalizarse la situación, y el precio descendiera a 50 pesetas—lo que sinceramente no creo—, el coste de la hulla para la calcinación, en el primer caso, sería 9,96 pesetas, y en el segundo, 0,85; todavía existiría una diferencia de 9,11 pesetas; de las que deducidas las 0,35 pesetas que representa el aumento del coste de fundentes, quedaría una diferencia de 8,76 pesetas a favor del procedimiento, en época normal.

Podrá argüirse, quizá, que es un inconveniente la producción de mata; pero yo he de decir lo siguiente: La cantidad producida apenas llega al 4 por 100; y calcinada ésta en plazas muradas con la ventilación natural que proporciona una sola galería frontal provista de varias chimeneas cortas, procedimiento sumamente económico, se elimina gran parte del azufre, y se recupera el plomo, la plata y el hierro, obteniéndose un gran fundente ferruginoso que tiene el 5 por 100 de azufre y el 45 al 50 de hierro, que puede emplearse muy bien en las parvas de calcinación triturando la parte gruesa, que es muy blanda por cierto; de modo que el exceso de hierro necesario para neutralizar el azufre en el horno de fusión puede decirse que no se pierde. Esto aparte, las matas pueden concentrarse para ulteriores tratamientos remunerativos.

Además, es indudable que la escoria, en un horno, es mucho más limpia; es decir, arrastra menos plomo, cuando se produce mata; pues, por su densidad, forma un producto intermedio que separa muy bien la escoria del plomo.

En síntesis, y para terminar, yo creo, señores Congresistas, que los progresos en la Metalurgia del plomo tenderán siempre a obtener el mayor partido posible del azufre de los minerales, utilizándolo como combustible, y dejando parte de él para eliminarlo en el alto horno."

La Sección se da por enterada, y demuestra con aplausos calurosos el interés con que ha oído el meritísimo trabajo del Sr. Rubio.

Un estudio muy interesante y completo intitulado "Proyecto de instalación de un gran centro siderúrgico" es leído por su autor, el Capitán de Artillería Sr. FERNANDEZ-LADREDA (D. José).

Dice así el referido trabajo:

"CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE PROYECTO DE INSTALACION DE UN GRAN CENTRO SIDERURGICO

Por D. José Fernández de Ladreda, *Capitán de Artillería.*

Anunciada en España la celebración de un Congreso de Ingeniería análogo al que ha tenido lugar en otros países, fué desde el primer momento nuestro propósito hacer en sus puntos esenciales el estudio técnico del problema del establecimiento en España de un gran Centro siderúrgico; y comprendiendo la importancia del asunto, y haciéndonos perfectamente cargo de la urgencia que reclama su solución, meditamos más y más sobre el asunto, llegando a nuestro ánimo el convencimiento de que es posible dar un valor real a la idea, si se tiene la voluntad de acertar y se dan los primeros pasos por camino fácil y seguro. Ignoramos si, al transmitir a los demás lo que nosotros pensamos, tendremos la fortuna de hacerlo en forma que seamos comprendidos; por si no es así y la torpeza de nuestro modo de expresión es causa que no resalta cual debiera la seguridad que poseemos en que el problema puede llevarse a feliz término, vaya por adelantado la afirmación que sólo a un abandono y a un desfallecimiento punible puede atribuirse que nuestro país no ocupe en la producción siderúrgica el puesto que debiera ocupar.

Nosotros no ignoramos que tenemos que hablar en primer término a los capitalistas españoles, que forzosamente han de ser los campeones de la Industria; y a ellos debemos decirles que su capital ha de obtener un rendimiento. Creemos que el argumento más fácil para ello (después de lo que diremos al final) es poner a la vista los números que indican las importaciones que nuestro país realizó, en época normal, de productos siderúrgicos, y con tales datos quedará probado que el capital que representan podía haber sido fuente de beneficios para el País.

Año 1918: Importaciones.

Fundición y productos............	Toneladas.	16.800
Acero y productos..................................		70.000
Hierro		2.969
Total toneladas...............		89.769

Si se atiende además a la triste situación de nuestro país en cuanto concierne a su defensa marítima y terrestre, fácilmente se demuestra

al capital que, además de patriótica, es labor materialmente provechosa la que ha de obtener empleando en tal negocio su dinero.

Mas en la situación actual, y convencido que se halle el capital español de la posible realidad del problema, ¿basta ello solo para llevarlo a feliz término? Nuestra conciencia nos obliga a decir que no. Triste, muy triste es, ciertamente, que España no despierte del letargo siderúrgico en que actualmente se encuentra; pero más lo sería, y sus consecuencias aún más dolorosas, si por planteamiento equivocado del problema se desplomaba con la fábrica ya en marcha todo el prestigio industrial de la Nación. La Industria siderúrgica es la resultante de toda una serie de factores que ejercen sobre ella una influencia tal, que no sabría decirse, por ejemplo, cuál es más importante, si el horno alto, proporcionando la fundición, o la mina de hulla, suministrando el agente reductor del mineral; el convertidor, entregando a los trenes laminadores el acero con que se fabrica el riel, por donde se desliza el ferrocarril, o el sistema de redes ferroviarias, permitiendo el fácil y económico transporte de los diversos productos siderúrgicos; el acero cuya calidad puede ocupar un lugar secundario en las fabricaciones corrientes, o el tratamiento térmico del mismo, que exige un estudio detenido por parte del elemento director y es factor de importancia decisiva en las diversas aplicaciones del producto; y, en fin, que sería totalmente inútil dar un paso provechoso en la Industria siderúrgica española si los tres factores de que acabamos de hablar (Industria minera, transporte por ferrocarril y personal director) no vienen a sumarse al capital disponible.

La Industria minera vive en un atraso tal en España, que su producción no guarda relación alguna con la riqueza del suelo; y ello nos obliga a realizar importaciones que, seguramente, serían totalmente innecesarias, empleando en la explotación de ellas sistemas más perfeccionados que los que actualmente se utilizan. Ligado íntimamente a este hecho está la penuria con que hoy viven en nuestro país las industrias de los productos derivados de la hulla, y que tienen importancia grande, tanto desde el punto de vista civil como militar. Como el establecimiento de un Centro siderúrgico trae consigo otro gran establecimiento productor, esto lleva consigo el constituir otro consumidor; pues las orientaciones modernas en la Industria tienden a hacer a los grandes productores consumidores propios, a fin de evitar las imposiciones ajenas, y, por ello, es menester que la industria en proyecto cuente ella misma con minas y dé a la explotación de éstas aquellas ideas de perfeccionamiento hoy en boga en los diversos países, y que han de permitirle, además, obtener un rendimiento de consideración en energía y diversos productos químicos.

Es problema que incumbe al Estado el desarrollo de nuestras líneas ferroviarias y la más acertada concesión de las tarifas. El sistema actual no permite, en España, la concurrencia en mercados libres con los productos extranjeros; y si a todo esto unimos que las comunicaciones ferroviarias son en las guerras las arterias que conducen los elementos de vida, ataque y defensa a los ejércitos en lucha, fácilmente se comprenderá que es problema de importancia general el de los ferrocarriles, aun cuando aquí aparezca como caso particular del asunto que nos ocupa.

En cuanto al elemento director, es menester confiar la dirección de nuestra industria a ingenieros españoles. Cuando en el transcurso de la vida se ha puesto uno en relación con los establecimientos industriales y se examina la tendencia de algunas entidades a emplear personal extranjero, surge la consideración de si en gran parte la tutela bajo la que nuestras industrias viven no será debida a que al frente de ellas no está siempre personal que piense en español y que en español respire. Sea o no exacta nuestra suposición, nadie podrá poner en duda que hay en nuestro país elementos capaces de dirigir y llevar a feliz término la industria; lo que precisa es seleccionarlos y orientarlos, y esto último se llega a conseguir con facilidad mediante el estudio de las diversas industrias, como la de aceros para herramientas de corte rápido, planchas de blindaje, etcétera, por Comisiones en determinadas fábricas del Extranjero, como se ha efectuado, por ejemplo, en España, con excelentes resultados, en la fabricación del fusil Mauser. De no hacerlo así, pretendiendo comenzar fabricaciones tan delicadas e importantes, poniendo al frente de ellas personal que no ha pasado por otro tamiz que el de los textos, es, seguramente, llevar la ruina al nacer; pero no se atribuya después a otra cosa que a falta de voluntad; pues el sacrificio es bien pequeño y el rendimiento muy grande, dado que durante el establecimiento de la industria hay tiempo para formar ese personal director en la forma que nosotros juzgamos conveniente.

No sólo hay en las industrias españolas, sino en la mayor parte de las extranjeras, una organización que se traduce en un defectuoso rendimiento de las mismas. En lugar de constituir las diversas partes que forman una industria, un todo cuya única aspiración fuese la mayor prosperidad del negocio, caminan por senderos separados, y algunas veces opuestos, dando lugar, en ocasiones, al cierre de fábricas que pudieran tener próspera vida, y, en otras, a un rendimiento mezquino, de lo que debiera ser más ventajoso. A ello son debidas, en primer lugar, las huelgas, lucha entre dos tendencias erróneas: el capital, que desea mano de obra a bajo precio, y el obrero, que indirectamente pretende la mayor carestía en aquélla. Y en otro orden de ideas, la parte

técnica buscando calidad, y la entidad comercial, sin otra finalidad que la del mayor lucro posible. Mientras no se estudie una organización adecuada en los talleres, estableciendo el procedimiento de primas, sistema Taylor, las industrias españolas vivirán en condiciones de inferioridad manifiesta; y ya que se trata de crear algo nuevo, rechacemos moldes antiguos y demos la importancia debida a este punto, hoy muy olvidado y que sólo emplea (no en todas sus partes) en España la Sociedad Hispano-Suiza, implantado precisamente por un Ingeniero español en sus talleres de Barcelona.

Por tener importancia indiscutible en la mejor orientación del problema cuanto guarda relación con el carácter que la Industria debe tener, creemos oportuno hacer sobre ello algunas indicaciones.

Tratándose de industrias siderúrgicas, no creemos conveniente que las fábricas militares sean productoras de primeras materias. Un abandono injustificado de la Industria civil española ha obligado a nuestra fábrica de Trubia a producir los aceros cromo-níquel, que han prestado tan valiosos servicios en el material de guerra como en la tracción automóvil; pero tal caso de excepción no debe tomarse como general, y todas las tentativas deben encaminarse a que la Acerería sea una industria privada que surta a la militar, que no es más que una sección especial de la Industria, cuya importancia excepcional radica especialmente en los fines que persigue.

Si la contienda actual nos proporciona ya alguna enseñanza, es la de que, en los períodos de guerra, todas las industrias siderúrgicas se transforman en industrias militares; mas para que aquéllas puedan, en tales casos, responder con buen éxito a las necesidades del momento, es menester una preparación previa en los períodos de paz, y por ello es preciso fomentar en la Industria privada las construcciones militares. Si se une a los anteriores el hecho de que la principal misión del oficial de Artillería, en su parte técnico-industrial, ha de ser más la de inspeccionar, verificar, analizar y proyectar, sirviendo de consejero al constructor que desempeñar este último papel, fácilmente se comprenderá que aboguemos por que sea la Industria privada la que se encargue de la dirección, establecimiento y desarrollo de la nueva industria, quedando reservada al Cuerpo de Artillería la misión antes señalada, en lo concerniente a la fabricación para el Ejército.

Bastará leer las líneas anteriores para comprender que no tratamos de una industria civil ni militar, sino de una fusión perfecta de ambas, designada con la denominación de GRAN INDUSTRIA SIDERÚRGICA. Y no podía ser de otro modo: si el Ejército siempre ha vivido y desea vivir en íntima relación con el Pueblo, de quien procede, y adonde vuelve defendiéndolo en los momentos de peligro, más que en parte alguna,

aparece esa conexión entre las industrias siderúrgicas civiles y militares. Así se ve desde antiguo a la fábrica militar de Trubia, recibiendo el lingote de fundición de la Industria privada y suministrando a ésta aceros y productos estampados; a la fábrica de armas de Oviedo, auxiliada por la Acerería de Trubia, proporcionando a la tracción automóvil elementos que la Industria privada no está en condiciones de suministrar, y siempre y en todos los momentos, a las fábricas de una y otra clase prestándose mutuo auxilio, dedicando todos sus esfuerzos a complementarse unas a otras y laborando, quizá sin pensarlo, por el establecimiento de esa gran única industria que la realidad impone con evidencia innegable.

Es un hecho, que en los momentos pasados señalaron las naciones en lucha con todos los caracteres de realidad, que la independencia de un pueblo depende, ante todo, de su producción siderúrgica; y si en tal concepto examinamos la situación de nuestro país, una dolorosa amargura hace presa en nuestro ánimo: los establecimientos productores de fundición, primera materia de la industria siderúrgica, se hallan en España, o en las costas, o en las proximidades de ellas; y bien pudiera ocurrir que, en los momentos de una guerra, nos encontrásemos sin medios para producir una tonelada de fundición y, por tanto, no sólo vencidos, sino obligados a rendirnos sin combatir; lo que sería mucho más triste todavía. Ante tal hipótesis, desgraciadamente posible, como resulta del examen de las factorías bilbaínas, asturianas, horno alto de Santander, Málaga, Sagunto, es labor de evidente patriotismo estudiar los medios de hacer variar tan peligrosa situación; y siendo con facilidad posible la solución, deben los Gobiernos tender a que se lleve a la práctica, asegurando en los primeros años, como en otros casos se ha hecho, y durante cierto período, un interés mínimo al capital empleado, ya que con ello se ventila la razón de existencia propia, o la de estar siempre expuestos a codicias ajenas a las cuales no se pueda resistir.

No hace aún muchos años, era el único factor a tomar en consideración en el establecimiento de una industria siderúrgica la proximidad a las primeras materias, minas de hierro y carbón; mas el tiempo ha hecho en esto, como en todo, evolucionar a las ideas, y ya no es ese punto el que tiene importancia decisiva, sino el más principal; esto es, la situación de la fábrica en las mejores condiciones estratégicas. Es por lo demás perfectamente lógico tal cambio en el modo de pensar: las guerras antiguas se desarrollaban con armas de alcance reducido y escasez de elementos de ataque, y esto, unido a los deficientes medios de comunicación y transporte, tenían por consecuencia no considerar como un peligro la proximidad de la industria al mar, sino, por el contrario, como fuente de beneficio, permitiendo el intercambio fácil de

materias y productos; mas cuando el aumento de potencia de la artillería naval, uniéndose al desarrollo de la navegación aérea, adquirió la enorme importancia que tiene actualmente, arraigó en el ánimo de todos la firme convicción de que la proximidad al mar puede originar la destrucción en breve plazo de nuestros aparatos reductores, cuya altura, que llega en ocasiones, y aun pasa, de veinticuatro metros, contribuye aún más a facilitar su inutilización, y que tiene caracteres tanto más alarmantes en España, cuanto que muchas de nuestras costas están en total indefensión. Es menester, pues, colocándose al corriente de las necesidades del momento, trasladar a puntos estratégicos la industria siderúrgica española; y sin preconizar la destrucción de la existente, ya que hacerlo sería olvidarse de la pobreza de nuestra nación en tal extremo, y no tener en cuenta que destruir es siempre mal consejo en Siderurgia, procurar complementar lo actual y edificar lo nuevo, no sólo con la vista fija en nosotros, sino también en aquellos que nos observan desde el exterior.

No es, por lo demás, un caso anómalo el de colocación de una industria siderúrgica lejos de los lugares de obtención de las primeras materias y atento a condiciones especiales de situación. Chicago, situado a distancia considerable de las minas del Lago Superior y de las de Pensilvania, ha llegado a ser actualmente un centro metalúrgico de primer orden, a causa de su condición de metrópoli del oeste americano, y es que constituye un error muy grande en Siderurgia atender solamente al precio de las materias primas y olvidarse por completo de las condiciones del mercado; pues hay razones comerciales, y más que en otra parte en España, donde las tarifas ferroviarias son elevadas, que llegan a determinar la preferencia por una situación tal, que, sin un examen detenido, pudiera juzgarse muy poco conveniente.

Si unimos en nuestro país las condiciones estratégicas a las de situación de las materias primeras, minas de hierro y carbón, muy dignas ambas, según indicamos, de ser tomadas en consideración, resultará en el mapa, para la Industria siderúrgica, un triángulo cuyos vértices están situados en León, Aranjuez y Córdoba, todos dentro del radio de nuestras probables líneas de invasión. León, provincia que, desde el punto de vista siderúrgico, está poco estudiada y menos aún explotada, presenta la ventaja principal de ser un distrito donde se encuentran minas de hulla y mineral, no muy distantes unas de otras; Aranjuez, en las cercanías del Tajo, proporciona a la Industria siderúrgica medio de disponer de la energía eléctrica a precio reducido, y siendo actualmente la Acerería eléctrica una realidad y una necesidad indiscutible en la obtención de aceros especiales, como tendremos ocasión de probar, no debe perderse de vista situación semejante, cuando de esta-

blecer una industria siderúrgica se trate. La sierra de Bélmez, en Córdoba, es rica en minerales de hulla, y añadiendo a ello que la Industria privada está ya allí orientada en el sentido de destilar carbones de calidad inferior, para aprovechar los productos químicos y obtener energía a precio reducido, creemos no debe abandonarse semejante situación. Por salir fuera de los límites señalados a nuestro trabajo, y estar además, seguramente, en la conciencia de todos la ventajosa posición estratégica que presenta el triángulo de que hablamos, no nos detenemos más sobre este extremo; pero queremos terminar las consideraciones preliminares que venimos hablando diciendo algunas palabras acerca de la naturaleza del coque metalúrgico español. El horno alto, teniendo presente su capacidad y el peso de las cargas, exige emplear un combustible dotado de dureza suficiente a evitar los atascos, de consecuencias tan funestas en los aparatos reductores, pero que al propio tiempo no exija una presión demasiado elevada en el aire que se inyecta; por tal razón, hay para la Siderurgia española la desfavorable circunstancia de que los carbones españoles, por su alta proporción de materias volátiles, no son, en su mayor parte, metalúrgicamente cotizables; y si esto es así, ello justifica también en cierto modo la situación de los hornos altos de Bilbao, Nueva Montaña de Santander, Málaga, Sagunto, etcétera, en condiciones fáciles para importar carbón inglés. Nuestra modesta opinión es que el hecho señalado obedece más bien a insuficiencia en la carbonización que a defecto de la primera materia empleada; mas si nuestro juicio peca de equivocado y, a excepción de los carbones de la cuenca del Sabero, no son los demás aptos para producir coque metalúrgico, no ha de estar la solución en protecciones extrañas, sino la de dar a la Electricidad en Siderurgia el importante papel que tiene ya cuando de substituir a otros manantiales de energía se trate.

Nuestro proyecto de fábrica, expuesto sólo en líneas generales, tiene como punto de partida la producción de 100.000 toneladas anuales de fundición, todas ellas transformables en acero. No es posible, ciertamente, sin un conocimiento perfecto de las necesidades del País, en cuanto respecta a su defensa marítima y terrestre, líneas de comunicación, exigencias de la Agricultura y de la Industria, señalar por adelantado cuál debe ser la verdadera capacidad de producción para satisfacer aquéllas; mas aun siendo ésta conocida, no debe perderse de vista que las industrias siderúrgicas viven tan unidas, que el nacimiento de la que tratamos ha de tener una repercusión en el desarrollo de otras nuevas, y que, por tanto, a los pocos años de su marcha, estará ya, tal vez, respecto a producción, en las condiciones de inferioridad en que nosotros voluntariamente la colocamos; pero crear lo no exis-

tente y darle una orientación racional, eso es lo difícil; pues ampliar después lo que con facilidad funciona, proporcionando rendimientos, es labor que fácilmente puede verse realizada. El número 100.000 toneladas que tomamos como tipo lo hemos establecido teniendo en cuenta que, en el año 13, la importación de productos siderúrgicos ha sido de cerca de 90.000 toneladas.

Una fábrica moderna, que emplea personal muy numeroso, no puede funcionar de un modo uniforme, si, paralelamente a su desarrollo industrial y comercial, no coloca la cuestión social del obrero. Está constituída la Industria siderúrgica por un sistema de mecanismos tan perfecto, que basta con que uno solo altere su marcha para dar lugar al mal funcionamiento de todo el sistema y, por tanto, a escaso rendimiento, aun en las circunstancias mejores; y no basta en tal situación acudir a remedios circunstanciales (elevación de los jornales, etcétera): es que el citado mecanismo no está sólo falto de lubricante, sino de una más perfecta construcción: las cajas de pensiones y retiros, los hospitales, los auxilios para los inválidos, las escuelas, casas de comida y de vivienda, casinos, etc., etc., son actualmente de necesidad tan vital en las industrias, que no podría prescindirse de ellas si alguna vez se quiere acertar. Es natural que sea así: somos tan necesarios los unos a los otros en la vida, que es una vana ilusión pensar que nuestro bienestar es totalmente independiente del ajeno.

I

Organización de la fábrica.

Teniendo presente las razones ya expuestas, una industria siderúrgica que se establezca a base de asegurar la independencia de la Nación en tal extremo, en las circunstancias diversas por que ella pueda pasar, tiene necesidad de crear hornos altos propios, dado que aquellos de que actualmente España dispone no ofrecen la garantía de seguridad que sería de desear, por su proximidad a la costa. Esto, atendiendo a razones estratégicas tan sólo; que deteniéndonos en las comerciales, salta a la vista que las sociedades productoras hoy, en España, del lingote de fundición tienen menester de él para sus necesidades propias, sin que sea factible puedan pensar, no siendo en escala muy reducida, satisfacer las ajenas.

Sin llegar a la enorme capacidad de producción de los hornos altos americanos, 600, y aun se espera 700 toneladas por día, puede tomarse como tipo para nuestra fábrica el de 200 toneladas; y teniendo en cuen-

ta que, precisamente en la mayor potencia de producción del horno alto, descansa que los llamados gastos de fabricación de la fundición tengan en el precio de coste del producto una influencia bien pequeña, dada la capacidad que hemos supuesto para nuestra industria, 100.000 toneladas anuales, pueden proyectarse dos hornos altos de la producción ya señalada, que dejarán margen suficiente para llenar las necesidades supuestas, aun teniendo presente las reparaciones que, en ocasiones, pudieran ser necesarias.

Admitiendo un consumo medio de tonelada de coque por tonelada de fundición producida, que es el dato corriente con los minerales y carbones españoles, nuestros dos hornos altos precisarán 400 toneladas diarias de coque metalúrgico; y tomando como tipo de producción de un horno de cok 6,5 toneladas diarias, resultará que la industria que se establezca tendrá menester de una batería de 62 hornos de cok.

Dotando cada horno alto con cuatro aparatos Cowper de 35 metros de altura, aproximadamente, tendremos menester de ocho de aquéllos para los dos proyectados; y en cuanto a las máquinas soplantes, teniendo en cuenta que deben tenerse también de reserva, podemos admitir dos por horno, que marchen a razón de treinta vueltas por minuto, como las modernas de eje vertical, empleadas ya en todas partes, tomando como base de cálculo que la producción de una tonelada de fundición exige inyectar unos tres metros cúbicos de aire por minuto.

Si agregamos a lo indicado las bombas precisas para el agua a presión que es necesaria en el enfriamiento de las paredes del horno, y que es de 1,5 $m.^3$ por minuto, y los montacargas de que es menester disponer para los lechos de fusión, tendremos en líneas generales esbozada la instalación en lo que a la producción de fundición se refiere. En cuanto a los montacargas, ha existido, y existe en algunas fábricas tendencia a servirse de uno común a dos hornos altos; tal disposición, aun cuando económica, no nos parece acertada; pues la regularidad en las condiciones de marcha es de tal modo esencial, que a toda costa debe evitarse que la alimentación de ambos hornos quede interrumpida por una avería en la máquina o en el cable, siendo preferible que cada horno alto tenga su montacargas especial.

Por lo que guarda relación con el lugar de instalación del horno alto, ha de procurarse que sea una extensión plana, servida en condiciones ventajosas por vías férreas que permitan la fácil recepción de las primeras materias y la expedición de los productos; deben disponerse en línea y ligados entre sí por puentes estrechos de madera; los montacargas se colocarán en una línea paralela a la de los hornos y puentes estrechos; ligarán también las plataformas de los montacargas con las de los hornos altos; los aparatos de aire caliente deben colocar-

se lo más próximo posible a los hornos; pues las conducciones dan lugar a grandes enfriamientos; mas como ofrecen gran superficie (6 metros de diámetro y 35 metros de altura), y para que no dificulten los trabajos necesarios del horno alto, es más conveniente colocarlos en una línea paralela a la de aquellos aparatos, pero situada a nivel más elevado, 1,5 ó 2 metros, por ejemplo; las máquinas soplantes y calderas tienen una colocación que depende en gran parte de las circunstancias locales; pero hay siempre ventaja en no aproximar demasiado estos aparatos a los principales, a los que debe evitarse, ante todo, el menor embarazo; una extensión considerable de terreno debe ser dedicada a parque de minerales, fundición y combustible, pudiendo calcularse en unas 20 hectáreas la extensión de terreno de que será preciso disponer para la instalación amplia de la sección destinada a la producción de las 100.000 toneladas de fundición, comprendiendo en ella los parques de primeras materias, fundición y escorias ya mencionados.

II

Acería.

Ha de comprender los talleres Bessemer, Martín y eléctricos, admitido que, cual debe suceder, la industria en proyecto tenga los talleres Bessemer en el lugar de instalación de los hornos altos; pues es muy admitido que la fundición pase líquida al convertidor; pero tal práctica es, no obstante, sumamente perjudicial, por cuanto hace depender la acería del horno alto, y a éste de aquélla, debiendo desecharse en la instalación que se realice, utilizando en su lugar los mezcladores, que son, además, lugares de desulfuración de la fundición. Como, al propio tiempo, los domingos y días festivos, generalmente, no ha de trabajarse en la acería y sí en el horno alto, cuya marcha es continua, será menester disponer de cubilotes para refundir en lingote procedente de la colada obtenida en tales días. Tomando de las 100.000 toneladas de fundición producidas el 30 por 100 para su tratamiento en el convertidor, que es la práctica corriente, entrarán en la acería Bessemer, anualmente, 30.000 toneladas de fundición, o sea, para un promedio de trescientos días de trabajo. Las 100 toneladas que diariamente deben transformarse en acero exigen, próximamente, dos convertidores de 10 toneladas cada uno, funcionando continuamente, y uno más para substituir a aquéllos durante las reparaciones precisas. Una mezcladora de 200 toneladas de cabida y otra en reserva, además de dos pequeños cubilotes que sean capaces de fundir cuatro toneladas de

spiegel-eisen a la hora, y un gran cubilote que funda veinte toneladas por hora para la fundición de los días festivos, completarán, en unión de dos máquinas soplantes de vapor y las instalaciones auxiliares, tales como hornos para fabricar revestimientos, máquinas para apisonar fondos de convertidores, etcétera, la instalación que nos ocupa.

Taller Martín.

En este taller debe transformarse en acero el 70 por 100 de la fundición obtenida en la fábrica; es decir, 70.000 toneladas anualmente, o, lo que es lo mismo, unas 250 toneladas diarias; si se admite que sean efectuadas tres operaciones en las veinticuatro horas, podrán disponerse dos hornos Martín de 30 toneladas de cabida cada uno y un horno Martín de 45 toneladas, con margen suficiente para la transformación indicada; para cada horno se establecerán dos generadores Siemens, y éstos, con los gasógenos, guías de transbordo y carga, completará la organización del taller que nos ocupa.

Acerería eléctrica.

Estará dedicada en su totalidad a la fabricación de aceros especiales, y en ella ha de implantarse el sistema Duplez, consistente en afinar el lingote obtenido en los hornos Bessemer o Martín; producirá anualmente 10.000 toneladas, o sea, unas 35 diarias, disponiendo de dos hornos del tipo de resistencia de arco, sistema Héroult, de una capacidad de cinco toneladas; lo que colocará a la industria en condiciones de aumentar la fabricación de esta clase de acero por encima del límite admitido, caso de juzgarlo necesario.

A continuación de la acerería se establecerán los talleres de laminación, que comprenderán: el de laminación de planchas de blindaje, el de llantas, el de chapas y el de discos de ruedas; se dispondrán diez trenes laminadores tríos y dúos reversibles, con cilindros variando de 300 mm. a 1 metro y 1,5 metros de diámetro; existirán además los llamados talleres mecánicos, comprendiendo las forjas para ruedas, el taller de prensa y embutición de proyectiles, los martillos, etcétera; talleres de corazas, material ferroviario y de reparaciones, y, por último, las secciones dedicadas al material de artillería, en donde se obtendrán los tubos para cañones, cureñas de la artillería terrestre y naval, carros, fabricación de proyectiles y espoletas, polígonos de tiro, salas de revisión y el departamento eléctrico.

De propio intento hemos dejado para final de este ligero bosquejo, que acabamos de dar de la industria, en cuanto a los elementos que han de constituirla, lo que guarda relación con la oficina técnica y

laboratorios. Son ideas tan nuevas en nuestro país, que casi puede decirse que ninguna fábrica civil, en España, ha entrado todavía por ellas, y, sin embargo, van tan unidas al buen éxito industrial de toda empresa, que estamos por decir que son tan indispensables a la misma como lo es el alimento a la vida animal sobre la Tierra. En la oficina técnica se estudian los diversos proyectos de construcción, y, con ellos a la vista, se dan las órdenes correspondientes a los diversos talleres, determinando por adelantado las operaciones por que cada pieza debe pasar: no hay en tal forma, para el Ingeniero-Jefe de taller, más preocupación que la mejor marcha de éste y perfecta construcción de lo que se le ordena, y se destierra de la industria el sistema actual, que obliga a los Ingenieros de taller (que no reciben órdenes técnicas concretas) a entenderse entre sí, anulando al elemento director que debe asumir la responsabilidad; por lo que guarda relación con los laboratorios, su importancia es de tal magnitud, que el análisis del lecho de fusión en el horno alto, primero, para regular su marcha; en la acerería, después, para comprobar la fabricación en curso; combinando los laboratorios químicos con los gabinetes de ensayo, es lo único que puede hacer a una fábrica vivir con la convicción de que está su vida asegurada por la bondad de sus productos.

No debe olvidarse jamás en una industria que tiene aspiraciones de progreso y ansia de llegar, cuanto guarda relación con los trabajos de investigación, hoy casi puede decirse que desconocidos en nuestro país. Atribúyase a ello una gran parte del retraso de nuestra nación en la adaptación de todos los métodos modernos industriales; y basta, para cerciorarse de que nuestra afirmación es exacta, el considerar cuán pocas industrias españolas tienen departamentos donde puedan dedicarse los Ingenieros a los experimentos químicofísicos que tienen cada día mayor importancia y mayor aplicación.

III

Detalles de instalación de las diversas partes de la industria y presupuesto

HORNO ALTO

Es perfectamente sabido que, de todas las operaciones industriales, es la reduccion del hierro de sus minerales una de las que consumen más carbón y cuyo precio de coste es más notablemente influído por el gasto de combustible. De aquí que, desde tiempo muy antiguo, se haya buscado y se busque disminuir la cantidad de coque que se pre-

cisa para la obtención de una tonelada de fundición, y que se haya conseguido en gran parte con el empleo del aire caliente en el aparato reductor; mas aun cuando modernamente sea ya el mismo horno alto el que proporciona las calorías necesarias al aire inyectado y la energía mecánica precisa a las máquinas soplantes, es lo cierto que, en nuestro país, las instalaciones existentes no han sabido sacar aún todo el partido posible al horno alto, y esto es, quizá, una de las causas principales de que resulte el lingote de fundición a un precio notablemente más elevado que el que debiera resultar. Continúa aún como práctica corriente en España la de quemar los gases que despide el tragante de los hornos en los hogares de las calderas de vapor; y ello trae, como consecuencia lógica, el que se pierdan inútilmente buen número de calorías y, por tanto, de caballos de empleo positivo como energía mecánica; es, pues, de absoluta necesidad que, en la instalación que proyectamos, se substituya completamente el motor de vapor por el de gas; y a fin de hacer ver cómo nuestra opinión, al llevarla a la práctica, será fuente de positiva economía en la obtención del producto, estableceremos en líneas generales una comparación de los dos motores, desde el punto de vista del rendimiento.

Una tonelada de fundición necesita, por término medio, 4.500 metros cúbicos de gas; y admitiendo, según ocurre, que, a lo más, 2.500 metros cúbicos van a utilizarse en la calefacción del aire y pérdidas por las fugas, queda un remanente de 2.000 metros cúbicos por tonelada para ser utilizados. Nuestra práctica corriente consiste, según hemos indicado, en quemar estos gases para producir vapor; pero experiencias calorimétricas hechas con los mencionados gases, en las marchas normales de los altos hornos, han acusado un poder calorífico para los mismos de 1.000 calorías por metro cúbico, o sea, 2.000.000 para la tonelada de fundición producida. El motor de vapor, comprendido el generador, da un rendimiento mecánico de 9 por 100, o sea, que los dos millones de calorías quedan reducidas a 180.000; en cambio, el motor de gas da un rendimiento de 22,5 por 100, o sea, que utiliza, de los dos millones de calorías, 450.000; resulta, pues, a favor del motor de gas un beneficio de 270.000 calorías por tonelada de fundición producida, o bien, sabiendo que el kilovatio-hora supone 857 calorías, proporcionarán 315 kilovatios-hora, y para nuestra fábrica, que ha de producir 400 toneladas diarias de fundición, se obtendrán 126.000 kilovatios-hora, o 171.360 caballos-hora, que equivalen a 7.140 caballos-día; energía hoy completamente perdida, y que, no obstante, sería suficiente a activar los motores de una fábrica anexa al horno alto, traduciéndose la economía con ello realizada a un descenso considerable en el precio de coste de la tonelada de fundición.

Pero recuérdese además que nuestra industria ha de disponer de una batería de 65 hornos para destilar la hulla, de producción diaria de 400 toneladas de coque metalúrgico; y admitiendo, para un término medio de las hullas corrientes, que la destilación da el 80 por 100 de coque, se precisarán 500 toneladas de hulla. Se sabe que los hornos de coque de recuperación dan por tonelada disponible 270 caballos, y, por tanto, nuestra batería dejará libre 135.000, que, sumados a los que proceden del gas del horno alto, dan un manantial de energía eléctrica, que debe utilizarse como motor en la acería de Bessemer y para producir acero eléctrico.

Consideramos, pues, que la fábrica debe disponer en esta parte: primero, de dos hornos altos de 200 toneladas, con los aparatos precisos para el lavado de gases, a fin de utilizarlos; segundo, una acería Bessemer y eléctrica, que debe funcionar a expensas de los gases de los hornos de coque y del de los altos hornos; y tercero, una batería de 65 hornos de coque, con una producción diaria de 400 toneladas.

Orientado de tal forma el problema, y cualquiera que sea el lugar, dentro de ciertos límites, donde se establezca la fábrica, siempre que se disponga de líneas de comunicación convenientes, ha de obtenerse una positiva economía en los productos.

PRESUPUESTO

Un alto horno de 200 toneladas, con todos sus aparatos accesorios, incluyendo los de lavado de gases para ser utilizados, cuesta, aproximadamente, 1.800.000 pesetas. El importe de los dos hornos con que debe contar la industria será, por tanto, *3.600.000 pesetas*.

La batería de los 65 hornos de coque metalúrgico, con todos sus aparatos de recuperación de productos, e incluídos los talleres de condensación y rectificación, cuesta, aproximadamente, *dos millones de pesetas*.

El taller Bessemer, con los tres convertidores de 10 toneladas, las dos mezcladoras de 200 y los cubilotes de *spiegel-eisen* y gran cubilote para fundir el lingote en los días festivos, cuesta alrededor de 3 1/2 millones de pesetas; la acería eléctrica (afino del lingote obtenido en el convertidor), con los dos hornos Heroult de 5 toneladas, representa, aproximadamente, un capital de 100.000 pesetas; de modo que, en total, esta parte de la instalación exige un presupuesto de *nueve millones doscientas mil pesetas*.

Conveniente será hacer la advertencia, que habiéndose efectuado en

líneas generales un estudio del problema planteado, sin descender a detalles que exigen ya un examen detenido y el desglose en presupuestos parciales, no deben tomarse los datos anteriores más que como valores aproximados; siendo menester, si, cual es de desear, se lleva el asunto a vías de hecho, hacer proyectos separados de construcción de talleres, concretando ya el lugar de instalación, factor del que depende, en una cierta medida, el presupuesto de gastos de establecimiento.

De la lectura de las anteriores líneas resulta también el hecho de que la industria que nos ocupa ha de llevar anexa otra de productos químicos obtenidos en la destilación de la hulla: los alquitranes, base en la fabricación de productos colorantes; el sulfato de amoníaco, primera materia en la obtención de la sosa Solvay y abono en la Agricultura; los benzoles, de aplicación cada día mayor en las industrias de automóviles y explosivos, etc., etc.

Como es asunto que ofrece una importancia extraordinaria el referente al precio de coste de la fundición, y es nuestra opinión que este producto resulta en nuestro país a uno mayor del que realmente debiera tener, con manifiesto perjuicio de la Industria siderúrgica, vamos a decir algunas palabras acerca de los factores de que depende aquél.

El precio de coste de la tonelada de fundición depende de tres factores: precio de las materias primeras, gastos de fabricación propiamente dichos y amortización e interés del capital del primer establecimiento. Si siempre es preciso en la industria tener en cuenta que el valor que representa el capital del primer establecimiento puede ser, dentro de un plazo más o menos largo, totalmente distinto y muy superior al valor real, siendo menester la creación de amortizaciones, sube de punto esta necesidad, tratándose de industrias siderúrgicas, dado que el horno alto, por ejemplo, difícilmente puede soportar más de cinco años de campaña sin rehacerlo en gran parte; las máquinas que es preciso reponer, los progresos de las máquinas operadoras, los nuevos procedimientos de fabricación, etc., etc., todo se traduce en un descenso en el valor del capital empleado, que es preciso compensarle con una amortización: la práctica corriente señala una amortización e interés reunidos del 10 por 100 sobre el capital empleado; y esto, referido a uno de nuestros hornos en proyecto, que han de producir 50.000 toneladas de fundición al año, con un capital de instalación de 1.800.000 pesetas, da, para cada tonelada producida, un recargo de 3,60 pesetas, e incluídos los intereses de los fondos precisos para asegurar la marcha de la industria, resulta un máximo de 4 pesetas por tonelada en lo referente al capítulo *Interés y amortización del capital empleado en la instalación.*

No debe olvidarse en la instalación de la industria siderúrgica que nos ocupa asignar una cantidad para el fondo de marcha, ya que la fábrica debe tener asegurada aquélla, no sólo hasta la venta de los productos, sino hasta el momento de su pago.

El capítulo llamado *Gastos de fabricación* comprende: los gastos de mano de obra, los gastos generales de dirección y administración y los diversos objetos de consumo, tales como lubricantes para máquinas, útiles diversos, etcétera. Tomando como gasto de mano de obra un jornal de obrero por tonelada producida, y teniendo en cuenta el personal numeroso de peones que emplea el horno alto, podemos tomar 3,50 pesetas como salario medio, y aumentando a esto otras 3,50 pesetas para tener presente lo correspondiente a gastos generales, objetos diversos de consumo, reserva para grandes reparaciones, etc., etc., resulta recargada la tonelada de fundición en 7 pesetas, en lo que se refiere a los gastos de fabricación.

El capítulo *Precio de las primeras materias* es el más importante en el precio de coste de la tonelada de fundición, y sobre él no pueden darse reglas fijas, ya que depende del lugar que se adopte para la instalación del horno alto. En general, debe darse la preferencia al transporte del mineral sobre el del carbón; pues éste pierde en consistencia con los viajes; aparte de que al tener presente que el afino posterior de la fundición ha de consumir cantidades considerables de carbón, bien pudiera suceder, al proceder de otro modo, que una pequeña economía en el precio del lingote fuese traducida en una carestía grande para el acero. Las factorías bilbaínas, sin embargo, ofrecen un ejemplo de altos hornos, establecidos en cuencas de mineral rico en hierro y lejos de las de carbón; pero ello es debido al bajo flete de los barcos, que en uno de los viajes conducen a Inglaterra el mineral y traen a España a su regreso el coque inglés. Cuando el mineral es muy pobre, hay, en general, que separarse de la regla anterior y establecer el horno alto a base del mineral de hierro. La razón es muy sencilla: la producción de una tonelada de fundición exige, en tal caso, más de tres toneladas de mineral y una sola de coque; y siendo, próximamente, el mismo el precio de transporte de ambas materias, claro es que la ventaja radica en el transporte de combustible; pero también, según hemos indicado en un principio, es posible colocar los hornos altos en los grandes centros industriales, aun cuando se hallen situados lejos de los yacimientos de carbón o mineral; y esto debe tenerse muy presente, si, atendiendo a razones estratégicas, se desea establecer la industria en su totalidad en la meseta central de Castilla la Nueva, aun cuando nosotros damos la preferencia, deste este punto de vista, a la provincia de León, donde

existe coque metalúrgico y, seguramente, mineral de hierro aún sin explotar.

El precio de coste del mineral es siempre poco elevado en el lugar de producción; y si bien los transportes llegan a duplicarle y triplicarle, el del coque depende, sobre todo, del valor y rendimiento de la hulla; pues los gastos de fabricación, comprendiendo en ellos la mano de obra y entretenimiento de aparatos, difícilmente pasan de *una peseta* por tonelada. Para un mineral teniendo el 60 por 100 de hierro, que exige el empleo de una tonelada de coque y otra de mineral por tonelada de fundición, nosotros creemos que, incluídos los gastos de amortización e interés del capital de establecimiento, no puede pasar el precio de coste de la tonelada de 60 pesetas, y aun quizá resulte demasiado elevado.

1 tonelada de coque, a 30 pesetas	30
1 ídem de mineral, a 15 íd	15
1/2 ídem de castina, a 2 íd	1
Gastos de fabricación	7
Amortización e interés	4
TOTAL PESETAS	57

Sin embargo, hay que tener presente que, concretando el problema al lingote de fundición, el establecimiento del horno alto influye de un modo notable en la mayor o menor economía con que se obtenga el producto, si bien creemos que, en nuestro país, se produce la fundición, en época corriente, a precio demasiado elevado, por el deficiente planteamiento técnicoeconómico del problema.

Hablando de una nueva industria, y tratándose del horno alto, no podemos perder de vista el empleo de la electricidad. Como agente calorífico, es perfectamente sabido que, en el horno alto ordinario, desempeña el coque dos misiones distintas: una, reducción de óxidos, y otra, fusión de productos; es decir, una, química, y otra, calorífica; y por más que la primera necesite también el auxilio del calor, la práctica demuestra que del coque utilizado, un tercio es dedicado a la reducción, y los dos tercios restantes a la fusión, proporcionando calor; por lo tanto, si tomamos, en las condiciones en que nos hemos colocado anteriormente, el precio de la tonelada de coque igual a 30 pesetas, resultará que la energía eléctrica tiene que obtenerse a un precio de 20 pesetas por tonelada producida, para que, económicamente, puedan ser comparables los dos hornos altos, ordinario y eléctrico.

Efectuando el cálculo de la corriente que sería necesaria en la obtención de una tonelada de fundición, partiendo de una magnetita Fe_3O_4, tipo sueca, con 64 por 100 de hierro; admitiendo que el gas sale del horno alto a 150°, que la fundición y escoria tienen, respectivamente, 1.300° y 1.500° de temperatura, y que la composición de la primera es de 3 por 100 de carbono, 1 por 100 de silicio y 96 por 100 de hierro, sin azufre ni fósforo para mayor facilidad, resulta, para una marcha del horno alto, dada por una proporción de 30 por 100 en los gases del tragante, un consumo de 1.400 kilovatios-hora por tonelada producida; y comparando este dato teórico, así obtenido, con ejemplos prácticos de hornos altos funcionando en Suecia, hay una diferencia, próximamente, de 500 kilovatios en favor nuestro. Si tomamos, pues, un término medio de 1.600 kilovatios-hora por tonelada, según indicamos anteriormente, esta energía debe valer 20 pesetas, y, por tanto, cada kilovatio, 1,25 céntimos de peseta, y todo lo que no sea así, no permite, económicamente hablando, reemplazar el horno alto ordinario por el eléctrico. Ahora bien: ¿es posible obtener energía eléctrica a tal precio? En nuestra opinión, no, y desde luego mucho menos por las corrientes de agua, que si bien es verdad que no pagan facturas de carbón, tienen los réditos de un capital empleado que es de mucha consideración; por ello, no nos mostramos partidarios, en general, de establecer hornos altos eléctricos en Aranjuez, por ejemplo; en cambio, considerando que en una industria que busca ante todo la independencia siderúrgica, si siempre es atendible, hay razones poderosas que pueden llevarla a segundo lugar: aparte de la ventaja que resulta en la disminución del azufre que la fundición eléctrica contiene, nos parecería acertadísimo que, además de los altos hornos indicados, se estableciese uno eléctrico en la provincia de Córdoba, capaz de una producción de 200 ó 300 toneladas diarias. De tal forma se utilizarían los carbones de mala calidad de la sierra de Bélmez, para destilarlos y producir energía eléctrica a bocamina, que es el medio más económico de producción; y si fuere posible hacer entrar en la nueva industria la Sociedad de Peñarroya, el problema se facilitaría de modo muy notable.

Tiene para España el horno alto eléctrico la ventaja de reducir considerablemente el gasto de carbón, que viene a ser de 300 a 350 kilogramos por tonelada producida; y si esto es siempre muy digno de ser tomado en consideración, puede serlo mucho más que en parte alguna en España, donde no parece abunda el coque metalúrgico y, sobre todo, en Peñarroya, donde la hulla no parece se presta a la coquización. La diferencia de precio, no muy excesiva desde luego, a que puede resultar el lingote, queda compensada con una protección que debe dispensarle el Estado, en razón de los beneficios que para el País reporta su im-

plantación. Un alto horno como el que indicamos, de 200 toneladas diarias de fundición, con todos sus aparatos eléctricos, puede valorarse en unas 700.000 pesetas; precio notablemente inferior al del horno alto ordinario, dado que el eléctrico no utiliza los aparatos de aire, como acontece al primero, pero que influye poco en el precio de coste de la fundición, toda vez que, según indicamos, el capital no entra en este factor más que con una influencia del 10 por 100.

Terminamos con esto lo referente al alto horno, en la instalación que nos ocupa, mostrándonos, según se ha visto, partidarios de establecer dos altos hornos ordinarios de 200 toneladas diarias de producción, con una acerería Bessemer y otra eléctrica en la provincia de León; un alto horno eléctrico de 200 toneladas o, quizá, mejor, dos de 100 en la provincia de Córdoba, utilizando la energía eléctrica producida por la destilación de los carbones a bocamina, desarrollando en estos dos lugares las industrias de productos químicos obtenidos en la operación de destilar, diciendo de paso, aun cuando después hemos de insistir sobre la idea, que en la meseta central de Castilla, Aranjuez, por ejemplo, deben situarse la acerería Martín, la eléctrica (empleando la energía hidráulica) y los talleres mecánicos de artillería, etc., etc.

Al leer lo que anteriormente llevamos escrito, seguramente habrá de fijarse el lector que nos hemos mostrado decididos partidarios del *horno eléctrico* en la acerería, y, en cambio, aceptamos como una solución, tal vez para el País y en determinados casos solamente, el *alto horno eléctrico* productor de fundición. Son conceptos totalmente distintos; y aun cuando algunas veces se confunden hablando de hornos eléctricos, para nosotros, al tratar de dirigirnos a un capital que debe establecer una industria, es nuestro deber ser perfectamente claros. El horno eléctrico para producir fundición no aventaja económicamente al alto horno ordinario, dado que el precio de 1,25 céntimos de peseta el kilovatio-hora sólo en muy contados casos podrá ser obtenido, y la solución, cuando venga, habrá de obtenerse a bocamina. En cambio, el horno eléctrico, como elemento de afino de la fundición, transformándola en acero, presenta indiscutibles ventajas, ya dando un producto de calidad en gran parte comparable al de acero en crisoles, ya suministrando aceros desprovistos de nitrógeno; elemento que recientemente ha sido demostrado que es más perjudicial aún que el fósforo.

IV

El convertidor.

En nuestra acerería hemos proyectado establecer tres convertidores de 10 toneladas de cabida cada uno; vamos ahora a dilucidar una cuestión, si ellos deben ser ácidos o básicos: nuestra opinión es que se disponga de dos ácidos y uno básico; pues el fósforo es, relativamente, poco de temer en España; y si bien en la región asturiana abundan más los minerales fosforosos, no suelen, sin embargo, tener cantidad suficiente de este elemento para que las escorias Thomas sean beneficiables, por más que, desde luego, no puedan ser tratados en aparatos de solera ácida.

La disposición que creemos más acertada adoptar para el taller es, supuesto los altos hornos colocados sobre un solo lado de la vía férrea principal, establecer los mezcladores y convertidores en el lado opuesto, sirviéndose de un caldero de colada de unas 30 toneladas de capacidad, arrastrado por locomotora, para transportar la fundición líquida a los mezcladores. Los convertidores se colocarán unos al lado de otros, sobre la misma línea, pero en una plataforma elevada sobre el suelo, para permitir de manera cómoda el reemplace de los fondos; el taller de mezcladores se situará próximo a los convertidores, pero no reunidos, y la fundición líquida se transportará del primero al segundo en un caldero de colada, arrastrado por locomotora, sirviéndose posteriormente de una grúa, aproximadamente, de 20 toneladas, para elevar el caldero a la plataforma de convertidores, una vez en el cual, basta una locomotora para llevarlo al convertidor. Las grúas deben asentarse de modo que baste una sola para cada par de convertidores, y en el extremo de su pluma disponer el caldero que contiene la fundición.

Hemos admitido, al planear en sus líneas generales la industria en proyecto, que se dispondría de un cubilote capaz de fundir 20 toneladas a la hora, para refundir el lingote de la colada verificada en los días festivos en los altos hornos cuyo trabajo es continuo. Hay, sin embargo, fábricas modernas en donde no proceden de la manera indicada, sino que utilizan mezcladores de gran capacidad, calentados por gas. Aun cuando no decimos sobre ello la última palabra, creemos no obstante debe optar la industria por el cubilote; pues si, como es de desear, se lleva la acerería Bessemer a la provincia de León, no habrá grandes facilidades para disponer del gas y, en cambio, sí las hay de modo cierto para encontrar el coque.

No es posible hablar de establecer una acerería Bessemer sin con-

tar con los talleres destinados a la fabricación de los productos refractarios. Estos pueden dividirse en tres categorías: primera, materiales formando revestimientos ácidos, de naturaleza siempre siliciosa; segunda, materiales que dan lugar a revestimientos básicos, en los que predominan las bases, tales como cal, magnesia, etcétera, o las substancias de origen mineral, como la dolomia, carbonato de cal, magnesia y alúmina; y tercera, materiales constitutivos de revestimientos neutros, formados por minerales de cromo solamente. Con esta última clase, nos parece prudente no contar, dado que nuestro país carece de minerales de cromo, teniendo que depender en tal punto del Extranjero; y no parece prudente aumentar aún más la cantidad que es de todo punto precisa para proyectiles perforantes, corazas, etcétera, con la que exigirían los revestimientos de los hornos, máxime cuando, a nuestro entender, es perfectamente posible prescindir de ella para semejante necesidad.

Los materiales ácidos son los más empleados, tanto para hacer los revestimientos interiores de los hornos altos, como de los aparatos de aire caliente, y de los convertidores y hornos Martín, cuando, como es corriente en España, no se busca desfosforar la fundición; se emplean en forma de ladrillo o de adobe, ya constituídos por la arcilla refractaria ordinaria, que es lo más corriente, ya por la sílice casi pura. Cuando los aparatos tienen que estar calentados a muy alta temperatura, nos parece muy oportuno indicar, con el fin de evitar fracasos a nuestra industria, en la construcción de sus aparatos metalúrgicos, que la arcilla presenta el gran inconveniente de contraerse por la acción del calor, siendo preciso agregarle un elemento, constituído por el cuarzo triturado o el coque pulverizado, para evitarlo por completo.

Entre los materiales básicos, merece consideración muy especial la dolomia; y debe tenerse muy presente que (caso sumamente extraordinario) aquí la excesiva pureza del producto es un mal, pues la dolomia pura sufre la cocción muy imperfectamente. La que nosotros recomendamos más, deducido de experiencias verificadas, es la que encierra 1 por 100 de magnesia para 2 por 100 de cal; y como no es frecuente encontrar una dolomia precisamente con tal composición y la proporción requerida de elementos extraños, es preciso servirse del análisis químico para investigar aquellos que le falten y añadírselos antes de someterla a la cocción.

En nuestra industria proyectamos, para esta operación, dos cubilotes de 8 metros de altura por 1,50 m. a 1,80 m. de diámetro; se calcula, aproximadamente, 1.200 kilogramos de coque por tonelada de dolomia calcinada; y cuando ese coque sea denso con escasa cantidad de cenizas, debe inyectarse el viento a la presión de 80 mm. de agua; también

dispondrá la industria de dos muelas de 1.500 kilogramos, exigiendo una potencia aproximada de 4 caballos de vapor para triturar al estado fino, la arcilla cruda, cocida o el cuarzo. Según nuestros cálculos, que creemos suficientemente aproximados, el rendimiento de cada muela por hora, según los datos supuestos, será:

1.000 kilogramos de arcilla cruda.
700 — de — cocida.
500 — de — cuarzo.

Para la mezcla de los elementos deben desterrarse por completo los métodos a la pala, utilizados por las pequeñas industrias y disponer de dos mezcladores horizontales, constituídos en esencia por dos árboles paralelos, girando en sentido inverso y provistos de aletas oblicuas; la velocidad de rotación debe ser igual a cinco vueltas por minuto. Para el amasado hay también que prescindir del procedimiento, muy en boga aún y sumamente rudimentario, del pisado, sea por medio de hombres o de caballos, substituyéndolo por el amasado mecánico en un aparato vertical, debiendo nuestra industria disponer de dos. Por último, se establecerá un horno horizontal del tipo Hoffman, para la cocción de los ladrillos; pues si bien este sistema de horno anular es mucho más caro en sí y en mano de obra que el horno de cuba, da un rendimiento mucho mayor, y no están las materias expuestas a los deterioros por choque, com en los hornos de cuba acontece.

En resumen, nuestro taller de materiales refractarios estará constituído por:

2 cubilotes de 8 × 1,50 m. para la cocción de la dolomia.
2 muelas de 1.500 kilogramos para trituración de arcillas.
2 mezcladores horizontales para la reunión de los elementos.
2 amasadores verticales para la confección de la pasta.
Horno horizontal, tipo Hoffman, para cocción de ladrillos.

El presupuesto aproximado para la instalación de este taller puede valorarse en *200.000 pesetas*.

V

Acero eléctrico de la acería eléctrica del taller Bessemer.

Hemos ya indicado que, unido a los hornos altos y a los de destilación de la hulla, nuestra industria dispondría de una acerería eléctrica, para afinar, mediante el sistema Duplex, parte del acero obtenido en el convertidor. Ha de constar de dos hornos Heroult de 5 toneladas, cuya

energía eléctrica será proporcionada por la utilización directa en motores de los gases desprendidos de aquellos aparatos: se calcula que, con el empleo de batiduras, disminuyendo la cantidad de fundición, según después indicaremos, se precisan 800 kilovatios-hora, como máximo, por tonelada producida; y si suponemos una producción de 5.000 toneladas anuales de acero eléctrico, corresponden a 17 toneladas diarias en trescientos días de trabajo, o sean, 13.600 kilovatios-hora o 770 caballos-días aproximadamente, mientras que nuestros hornos altos y de coque dan una energía disponible de 145.000 caballos-días próximamente.

El acero fabricado en el horno eléctrico puede clasificarse en tres categorías:

1.ª Acero obtenido con materiales puros, metal simplemente fundido como en el procedimiento a crisol.

2.ª Acero fabricado con materiales sólidos fundidos y, después, afinados, proporcionando un acero de calidad superior al de los materiales brutos empleados.

3.ª Acero afinado, fabricado con metal procedente del Bessemer o Martín Siemens.

Esta última categoría, que es la que, a nuestro parecer, debe perseguir la fábrica en proyecto, constituye el procedimiento Duplex y la carga que, según la práctica de fábricas alemanas y cálculos por nosotros efectuados, parece la más conveniente.

Metal procedente del convertidor	Kg.	4.533
Batiduras		107
Cal		180
Rocarburante		20
Espato fluor		60
Polvos de coque		30
Ferromanganeso (80 por 100 Mn)		30
Ferrosilicio (10 por 100 Si)		9
Idem (50 por 100 Sl)		12

El precio a que, aproximadamente, debe salir el acero eléctrico así obtenido será, supuesta la instalación valorada según indicamos, en 100.000 pesetas.

	Pesetas por tonelada
Amortización e interés (10 por 100 amortización y 5 por 100 interés) para una producción anual de 5.000 toneladas.......	3,00
Entretenimiento y herramientas..........	3,50
Fuerza eléctrica, 800 kilovatios-hora, a 0,92 (precio a que se calcula la energía sacada de los hornos altos)..........	16,00
Energía para los aparatos auxiliares..........	0,50
Mano de obra..........	2,60
Materias primeras (metal líquido del convertidor, a 70 pesetas tonelada)..........	63,50
Materias primeras flujo, etcétera..........	3,50
Afino en el mezclador..........	20,00
Gastos de dirección (50 por 100 de la mano de obra)..........	1,30
Total pesetas por tonelada de acero líquido..........	113,20

Claro está que todos esos cálculos anteriores tienen sólo un valor puramente aproximado; pues la composición de las cargas varía, en muy anchos límites, con la calidad del acero a producir; y así, para utilizar, por ejemplo, el horno eléctrico en la obtención de los aceros para útiles, el mejor método es proceder como si se tratase de un crisol calentado eléctricamente, fundiendo en él materiales de calidad superior y agregando retales de acero a la fundición que se trata de afinar.

VI

Acerería Martín.

Hemos ya manifestado que nuestra gran Industria siderúrgica constará de una acerería Martín, que opinamos debe establecerse en la meseta central de Castilla. Aprovechando la fuerza hidráulica del Tajo, estará aquélla constituída por dos hornos Martín de 30 toneladas de cabida cada uno y un horno Martín de 45 toneladas.

En la fabricación del acero por el método Martín, pueden seguirse dos sistemas principales: el método de dilución o *serap-process*, o el de oxidación, *ore-process*. Sin vacilación, somos partidarios, para nuestra industria, del segundo método; pues conocida la composición de la carga, fundición y chatarra, se calcula la cantidad de oxígeno precisa para quemar todas las materias extrañas, y de ellas se pasa a la de mineral que la contiene, procediendo, como se ve, de modo sumamente racional.

PRESUPUESTO

2 hornos de 30 toneladas, con chimenea, plataforma y fosa de colada a 210.000 pesetas	420.000
1 mezclador de 300 toneladas	320.000
Aparato de carga	40.000
3 grúas	100.000
3 calderos de 30 toneladas	30.000
Vagones, etcétera	35.000
6 gasógenos con los conductores y edificios	200.000
Gastos diversos	60.000
1 horno de 45 toneladas (básico), con los gasógenos y toda su instalación auxiliar	700.000
Total gastos de instalación de la acerería, no incluído el terreno, pesetas, aproximadamente	1.905.000

Seguramente sorprenderá un tanto que hayamos proyectado el establecimiento de mezcladores, dado que, en España, es práctica usual emplear cargas frías en los hornos Martín: es uno de tantos síntomas de atraso de nuestra Industria siderúrgica, que es de desear desaparezca cuanto antes; y a este fin pensamos que la fábrica en proyecto emplee los mezcladores calentados por gas de los gasógenos para que, utilizando las cargas líquidas, se disminuya considerablemente el precio del coste del acero al disminuir la duración de calefacción y el consumo de combustible. No es opinión del momento. Las acererías inglesas, americanas, alemanas, etcétera, hace tiempo recurren a tal procedimiento en sus talleres Martín, y no hay razón para que nosotros no hagamos lo propio.

El plan más conveniente de instalación de nuestra fábrica creemos ha de ser colocar los mezcladores en el mismo edificio que los hornos y sobre la misma línea, a fin de que las máquinas de cargar y las grúas puedan servir a los unos como a los otros.

En cuanto al gas producido en los gasógenos, disponiendo para éstos, como debe suceder, de sistema de alimentación mecánica de carbón, puede estimarse en 3,50 pesetas por tonelada de acero. Las dimensiones del gasógeno o gasógenos se determinan conocidas la capacidad de producción del horno y el consumo de hulla por tonelada de acero; este último factor puede estimarse igual a 275 kilogramos de hulla; así que los gasógenos del horno de 45 toneladas de producción por ocho horas

consumirán un total de hulla de 12.375 kilogramos, o sea, por hora, 1.547 kilogramos. Los grandes gasógenos gasifican 30 toneladas de hulla en veinticuatro horas, o 1.250 kilogramos por hora; los gasógenos de los hornos de 30 toneladas consumirán, por hora, 1.031 kilogramos de hulla; estos números indican que el horno de 45 toneladas precisa más de un gasógeno, y, en cambio, que a los hornos de 30 toneladas le basta uno solo; sin embargo, es necesario advertir que, para nuestros hornos de 30, proyectamos tres gasógenos para cada uno, de dimensiones más reducidas; pues el empleo de uno solo ofrece el gran inconveniente de que, cuando una causa accidental obligue a detener su marcha, queda paralizada toda la fabricación; además, en la práctica, al calcular las dimensiones de un gasógeno, no se toma su rendimiento garantizado como base de cálculo, sino un dato algo inferior. El horno de 45 toneladas se establecerá con los grandes gasógenos.

Superficie de parrilla de los gasógenos.

Este dato lo hemos calculado para los hornos en proyecto, con una cierta aproximación, ya que, así como la calidad de las hullas varía, también los diferentes gasógenos dan proporciones de gas por metro cuadrado de superficie de parrilla; el dato tomado por nosotros como base ha sido que la relación entre las dimensiones del gasógeno y su capacidad, es igual a 0,325 m.^{2} de superficie de parrilla por tonelada producida; y de tal forma, resulta, para los hornos de 30 toneladas, una superficie de parrilla igual a 0,468 m.^{2} por tonelada, y para el de 45 toneladas, 0,560 m.^{2} por la misma unidad.

Acerería eléctrica Martín.

Llamamos así la que proyectamos establecer en el lugar de la instalación de los hornos Martín. Disponiendo de la energía hidráulica, que, aprovechando el caudal del Tajo, será posible proporcionar a bajo precio, se establecerá esta acerería dedicada, en parte, al sistema Duplex, para afinar el producto del horno Martín y emplearle en los lingotes para rieles y, en parte, a la obtención de los aceros especiales, aceros de corte rápido, etc., etc. Estará constituída por un horno Heroult de 15 toneladas de capacidad, dedicado a la obtención del acero de rieles, cables, ejes, etcétera, y dos pequeños hornos de 2 ½ toneladas para la fabricación de los aceros especiales.

PRESUPUESTO

Horno Heroult de 15 toneladas..............	Ptas.	150.000
2 hornos ídem de 2 ½ íd..............................		80.000
Total pesetas.......................		230.000

En cuanto a la energía eléctrica precisa, puede calcularse en 100 kilovatios-hora por tonelada de acero para el horno grande, y 750 para el pequeño.

Con esta acerería se estará en condiciones de producir hasta 55.000 toneladas anuales de acero eléctrico, dado que el gran horno es capaz de doce operaciones en veinticuatro horas, y los pequeños, de cuatro; estos últimos proporcionan 5.000 toneladas anuales de acero, que, en unión de las otras 5.000 de la acerería Bessemer, constituyen las 10.000 toneladas que hemos admitido al comienzo de esta Memoria deben fabricarse cada año, dejando el gran horno Heroult, de modo muy principal, para el pedido de las Compañías ferroviarias."

El Ingeniero industrial Sr. AVERLY (D. Fernando) presenta el siguiente trabajo:

"LA FUNDICION ENDURECIDA Y SU IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA

Por D. FERNANDO AVERLY, *Ingeniero industrial.*

La fabricación y el empleo de la fundición endurecida ha alcanzado en estos últimos cuarenta años un desarrollo y una importancia que era difícil de sospechar tan siquiera, a pesar de ser conocida de antiguo la ley física en que se basa la fundición en coquilla y aun, a veces, empleada.

Hace siglos que ya se fundía en coquillas de metal, a veces con objeto de evitar la repetición de un mismo moldeado cuando una misma pieza había de ser fundida varias veces, y, en otras ocasiones, cuando se deseaba obtener una superficie dura sobre un fondo tierno. También era conocida la particularidad de ciertas clases de hierro de templarse al ser fundidos en moldes fríos; pero, a pesar de estos conocimientos, no se ha empezado a utilizar las propiedades de la fundición obtenida con enfriamiento rápido hasta la mitad del siglo pasado.

Se empezó, primero, por perfeccionar la manera de obtener el hie-

rro en los altos hornos, y, luego, buscando la manera de conseguir el fin deseado por medio de la mezcla de diferentes clases de hierro debidamente escogidas; siendo este último sistema el más interesante, por ser el que ha servido para dar mayor impulso a esta clase de fundición.

Sin embargo, y en la primera mitad del siglo pasado, se fundían en coquilla cilindros y ruedas, ocupándose ya Mr. Harsten, en 1841, de este asunto en su obra acerca del trabajo del hierro en los altos hornos, si bien las fundiciones obtenidas no debían, ni con mucho, ofrecer las condiciones de solidez exigidas hoy día por la Industria y el Comercio.

Mencionando dicho autor las dificultades que se presentaban para obtener la debida trabazón entre la capa endurecida y el cuerpo tierno, a fin de que la primera no se desprendiera del cuerpo de la pieza fundida, e indicando también algunas clases de hierro que, según él, se prestaban mejor a endurecerse, nada decía de la solidez que presentaban esa clase de hierros, que tenían la propiedad de endurecerse exteriormente y conservar interiormente la solidez propia del hierro gris.

En realidad, y a pesar de esos ensayos, es Mr. Grusson el primero que en Alemania ha reconocido la gran importancia que en la Industria podía tener la fundición en coquilla, si se llegaba a conseguir darle un suficiente grado de solidez, y a él se deben los experimentos más importantes y estudios más detenidos, a fin de conseguir la mayor dureza y, simultáneamente, la mayor solidez de las piezas fundidas en coquilla.

Al mismo tiempo que Grusson, en Alemania, hacía esos trabajos, la Casa Gauz y Compañía, de Austria, empezó también a perseguir el mismo fin, animada por los resultados obtenidos por la Industria americana, que ya empleaba con gran éxito la fundición endurecida desde hacía varios años.

Este adelanto de la Industria americana sobre la europea era debido a que, en América, se encontraban clases de hierro más adecuadas para la fabricación de la fundición endurecida sin necesidad de hacer ninguna mezcla, sino utilizándolas tal como salían de los altos hornos; y, en cambio, en Alemania y Austria, era preciso hacer mezclas de composiciones muy difíciles y experiencias largas y precisas.

El desarrollo que ha tomado el empleo de la fundición endurecida ha sido grande, sobre todo cuando se ha conseguido llegar a producir una materia que respondía a las necesidades del mercado, tanto desde el punto de vista de su dureza, como de su solidez; y al amparo del desarrollo de ciertas industrias, la fabricación de la fundición endurecida ha seguido progresando, llegando ya a ser varios los establecimientos que han hecho de dicha fabricación una especialidad.

En realidad, todavía no se ha explicado de una manera clara y terminante lo que se entiende por fundición endurecida, de no contentarse con llamarse así sencillamente a la fundida en coquilla o molde metálico.

FABRICACION DE LA FUNDICION ENDURECIDA

Como ya se ha hecho notar, la fabricación de la fundición endurecida no se ha desarrollado hasta hace unos cuarenta años, en que Karsten empezó a preocuparse de esta fabricación.

De sus estudios y experimentos dedujo Karsten que, con hierro blanco, no se podían fabricar piezas templadas; porque si bien se obtenía una gran dureza, esas piezas resultaban demasiado quebradizas y no toman suficiente solidez, y, en cambio, el hierro gris fundido en gran masa encontró que se prestaba mucho más para esa clase de trabajo, poseyendo la doble propiedad de endurecerse y templarse en la superficie y conservando al mismo tiempo en su interior la solidez y elasticidad propias del hierro gris.

Y aun dentro de la misma clase de hierro gris, vió que era más a propósito el obtenido en *altos hornos,* claro y con poca ventilación, que el espeso obtenido con mucha ventilación.

En otra serie de experimentos, Karsten ha obtenido, con barras torneadas a 25 milímetros de diámetro, solideces de 10,20 a 17,60 kilos por milímetro cuadrado.

Karsten deduce de todos estos ensayos que un hierro en bruto que resiste hasta 13,22 kilos por milímetro cuadrado puede considerarse como sólido y bueno para la fabricación, tanto más, cuanto que, en la nueva fusión, ese grado de solidez aumenta. Sin embargo, esta solidez no debe considerarse como suficiente, y prueba de ello es que se iniciaron nuevos procedimientos.

Procedimiento Grusson.

Procediendo en distinta forma de la empleada en el antiguo procedimiento de Karsten, se ha procurado por Mr. Grusson aumentar la solidez de la fundición endurecida, y, además, hacerse independiente de la clase de hierro suministrado por *altos hornos,* por medio de un trabajo metódico, a fin de obtener un material de constitución siempre uniforme, a pesar de las diferencias que se notan siempre en los hierros suministrados en los *altos hornos.*

A este fin, prescindía de emplear el hierro tal cual era, suministrado

por los altos hornos, y procedía a una mezcla de diferentes clases de hierro, habiendo reconocido que el hierro en bruto que presentaba más garantías de una misma pureza y que no contenía mezclas perjudiciales era el hierro hecho al carbón vegetal, siendo éste el que Mr. Grusson empleó para sus ensayos.

Para preparar un hierro sensible a la acción de la coquilla, mezclaba hierro blanco y hierro gris, ambos preparados al carbón vegetal; pero el primero puede considerarse que contiene todo el carbón, mientras que el segundo un 80 por 100 de carbón se ha transformado en grafito, que se encuentra en capas separadas entre hierro y hierro, por cuya razón el hierro blanco es duro y quebradizo, y el gris, tierno y relativamente flexible.

Mr. Grusson operaba para efectuar la fundición en hornos de depósito, siendo la cantidad que hay que mezclar de cada una de las dos clases de hierro variable, según la capa más o menos gruesa de hierro endurecido que se desee obtener al fundir en coquilla.

La fundición gris, al enfriarse repentinamente al contacto de la coquilla, impide la transformación del carbón en grafito, y así se forma en la superficie una capa de hierro blanco, mientras que en el interior de la pieza que no ha sufrido ese enfriamiento rápido se encuentra el hierro gris.

Si rompemos una pieza fundida en coquilla, y examinamos el corte, observaremos: primero, la capa exterior del hierro endurecida, formada por cristales regulares, y que siguen una dirección radial de fuera a dentro, perdiéndose o disfumándose en la mezcla de las dos clases de hierro; y, luego, en el centro, se observa el hierro gris en forma granulosa y grano fino que le es propia; si esta transformación no es progresiva entre el hierro duro y el hierro gris tierno y flexible, se puede deducir con seguridad que la pieza es mezcla y no es de solidez, porque durante el uso la capa endurecida se rompe y se desprende.

De lo dicho se deduce que el espesor de la capa endurecida es variable a voluntad, y que puede ser mayor o menor según sea la proporción en que se mezclen las dos clases de hierro; pero que la buena fabricación de la pieza depende enteramente de la acertada disposición tomada para la conveniente fundición de la pieza, así como también del grado de calor dado a la coquilla.

ESTUDIO DEL PROCESO METALURGICO DURANTE LA FUNDICION EN COQUILLA

Al parecer, según lo dicho anteriormente, podría creerse que los fenómenos que se operan durante la fundición en coquilla son fáciles de comprender; mas esto sólo es cierto si nos contentamos con observar los hechos sin tratar de indagar las causas.

Las leyes físicas según las cuales el hierro atrae o expulsa el carbono han sido ya estudiadas en diferentes obras modernas; pero, a pesar de ello, queda todavía mucho terreno por explorar, porque, en realidad, todas esas explicaciones que en dichas obras se dan no se fundamentan más que en hipótesis, y aun hay hechos constatados de una manera indudable que son verdaderos enigmas.

En la práctica, no se emplea hierro químicamente puro, porque las buenas cualidades que tiene el del Comercio son precisamente debidas a la mezcla que tiene con otros elementos, y que Ledebur ha llamado muy acertadamente elementos constitutivos, y que son:

El carbón y el silicium, encontrándose también en el hierro del Comercio, casi siempre, un tercer elemento, que es el manganeso, y fijándonos en estos tres elementos, será más fácil explicar el proceso que se opera al fundir en coquilla, ocupándonos después de las excepciones a la regla.

Hay hoy día una gran diversidad de hierros, y cuyas propiedades son muy diferentes; pero si nos fijamos tan sólo en sus elementos constitutivos, esa gran diversidad desaparece.

El manganeso y el silicio tienen una influencia diametralmente opuesta, por lo que se refiere a facilitar la unión del hierro con el carbón, manteniéndose, por decirlo así, en equilibrio. El silicio impide hasta un cierto límite la unión del carbono con el hierro, y produce una expulsión en forma de hojas muy delgadas de grafito, y, en cambio, el manganeso, por el contrario, paraliza el efecto del silicio y facilita la formación del hierro blanco, prescindiendo del azufre y del fósforo por sus pequeñas cantidades en general.

Como queda dicho, el manganeso dificulta la formación del grafito; pero aumenta al mismo tiempo el grado de afinidad del hierro para con el carbón. Según Ledebur, un hierro puede contener 60 por 100 de manganeso, 5 por 100 de carbón y 2 1/2 por 100 de silicio, y conócese, por estas proporciones en que entran dichos elementos, que el efecto del silicio se encuentra completamente contrarrestado por el manganeso.

Así, pues, si extraemos de un hierro gris el silicio, se obtendrá

hierro blanco, y si, por el contrario, si a un hierro blanco le quitamos el manganeso, reemplazándolo en su parte por silicio, obtendremos hierro gris.

INFLUENCIA DEL ENFRIAMIENTO EN LA ESTRUCTURA DEL HIERRO

Por el enfriamiento del hierro, se obtiene la separación y expulsión del grafito, y esto, en tanto mayor cantidad, cuanto el enfriamiento es más lento; pero si el enfriamiento es rápido, se disminuye la expulsión del grafito, notándose, sobre todo, la influencia de este enfriamiento rápido si el hierro es rico en manganeso o pobre en silicio. Hay, pues, un límite bajo el cual se produce hierro blanco, según llegue el enfriamiento más o menos rápidamente a las diferentes partes de la pieza fundida; resultando que un hierro, reuniendo las debidas condiciones, fundido en coquilla, produce en la superficie de la pieza una capa de hierro blanco endurecido, y en el interior de la pieza el hierro es gris blando.

La proporción de manganeso y silicio que debe haber en la mezcla depende de la profundidad de la capa superficial endurecida que se desea obtener.

Otro medio que facilita el conocimiento de los productos es la máquina de probar la solidez de los hierros.

Como se ve por lo dicho, no todos los hierros son aptos para ser fundidos en coquilla, aun añadiéndolos en mayor o menor cantidad el silicio o el manganeso, porque, aunque mejoren de calidad, no pueden, sin embargo, considerarse bajo la denominación de fundición endurecida, por no tener la solidez suficiente.

Veamos ahora alguna de las causas que influyen en la mayor o menor solidez de la fundición endurecida.

Como he dicho, es indispensable que exista una completa fusión del hierro con los demás elementos; y esto no se verifica más que cuando el hierro está en estado líquido; pues, enfriándose, desaparece y se convierte en una mezcla, el grafito y el hierro libre se separan, y no queda más que una mezcla de las diferentes fusiones y materias primas; y se observa fácilmente la presencia del hierro libre por la formación de cristales carbónicos.

Se observa que, añadiendo al hierro carbón disuelto, su solidez aumenta; pero, pasado cierto límite, se produce un efecto contrario; por lo que se deduce que sería un medio de aumentar la solidez del hierro gris el quitarle carbón si el grafito que contiene no alterase su homogeneidad.

Sin embargo, el hierro gris es siempre conveniente para la fabricación de piezas que han de recibir golpes o choques, aumentando su solidez con su pureza.

Es, sobre todo, importante que el hierro no contenga más silicio que el necesario para expulsar al manganeso, y de esta suerte se llega con facilidad a dar al hierro la solidez conveniente, siempre que se procure que tenga las debidas proporciones de carbón y de silicio; y esto explica el porqué piezas fundidas en arena con hierros de esta clase presenten más solidez que las hechas con hierro bruto.

Se ha considerado siempre que el hierro fundido al carbón vegetal presenta más solidez, y por eso se usa de una manera preferente para la fabricación de piezas de fundición endurecida. La razón de esto es debida a que el carbón vegetal no produce nunca una temperatura tan elevada como el cok, por cuyo motivo el hierro, al tener menor temperatura, admite menos cuerpos extraños, tales como el manganeso, silicio, azufre, etcétera, y, además, se forma con grano mucho más fino.

Se comprende fácilmente que, tanto la gran pureza, como la gran homogeneidad, dan como resultado una mayor solidez; y aun cuando es sabido que el grano grueso que da al hierro su fabricación al cok desaparece y se va haciendo más fino cada vez que se le refunde, esta operación no puede repetirse muchas veces, porque el hierro se va haciendo demasiado duro, y transformándose en hierro blanco, se hace impropio para poder ser trabajado después.

Hoy día se prepara acero muy fino con mineral que antiguamente era considerado como inútil; así que no hay que sorprenderse si se le empieza a disputar el hierro fabricado al carbón vegetal sus ventajas como solidez, habiendo hoy hierros fabricados al cok que funden muy bien, sin desmerecer en nada respecto a solidez; y prescindiendo de la economía que pueda representar su empleo en la fabricación de la fundición endurecida, siempre es muy conveniente no depender en absoluto del hierro fabricado al carbón vegetal, aparte de que, con la ayuda del análisis y de la máquina de probar, se puede hasta prescindir en absoluto de él.

Pero como es imposible fijar reglas para la composición de las mezclas ni para emplear hierros de tal o cual procedencia, pues se da el caso de que barras fundidas en una misma clase de hierro dan resultados diferentes en cuanto a resistencia, según sean sus diámetros y según sea la manera como han sido fundidas, por eso, aun cuando el análisis puede ser una ayuda, no lo es todo, sino que es indispensable la máquina de probar, y aun uno y otro son inútiles si no se tiene una gran práctica y una gran experiencia para saber dirigir la preparación del molde y la operación del fundir de la manera conveniente.

EMPLEO DE LA FUNDICION ENDURECIDA

La fundición endurecida se emplea principalmente para la fabricación de cilindros para la Molinería, la cual fabricación, aunque hace tiempo es conocida, no había tenido gran desarrollo porque el material no poseía la solidez necesaria, y, por otra parte, como no se hacía sentir la necesidad de una fabricación en grande escala, no se había puesto gran atención en la misma.

Pero, desde que la Molinería ha adoptado de un modo definitivo para la fabricación de harinas el sistema de fabricación gradual con cilindros estriados y lisos, ha sido preciso llegar a fabricar dichos cilindros en grande escala, a pesar de lo cual, por ser una fabricación difícil, son pocas las Casas que los construyen, constituyendo, en la mayoría de los casos, una especialidad.

Otra aplicación muy importante de la fundición endurecida es la fabricación de ruedas para ferrocarril y para tranvías, siendo contadísimas las Casas que se dedican a esta clase de fabricación; debiendo citar como las más importantes las de *Miller,* en Escocia; la fabricación de Filadelfia, en los Estados Unidos, y, principalmente, la Casa *Griffin,* que es la que las construía con mejor resultado, pero que, por estar domiciliada en Bélgica, no se sabe a qué clase de fabricación estará hoy dedicada, constituyendo para los tranvías, hoy día, una verdadera dificultad la adquisición de dicho material, puesto que, en España, es completamente nula esta fabricación.

En los ferrocarriles americanos, se emplean bastante las ruedas de esta clase; pero no así en Europa, aun cuando parece que últimamente se empezaban a adoptar, y hasta en España se dice que recientemente ha habido informes de Ingenieros proponiendo fuera autorizado su empleo.

Esta clase de piezas, tanto en lo que se refiere a ruedas de tranvías, como de ferrocarril, presentan una dificultad especial que se deriva de la contracción rápida que sufre el hierro de la llanta al contacto de la coquilla, mientras que en el centro de la rueda, que no sufre la acción de la coquilla, la contracción es más lenta; de donde resulta que, al enfriarse, se raja con facilidad la parte de la llanta, por no dejarle el centro de la rueda hacer su contracción natural.

Esto se evita descubriendo el molde en cuanto el hierro ha cuajado, pero sólo por el centro de la rueda y dejando tapada con arena la parte de la llanta, de manera que el centro al contacto del aire se enfríe con más rapidez.

Podría haberme extendido mucho más sobre este asunto, que ofre-

ce ancho campo a la meditación y al estudio, para combinar en debida forma la teoría con las enseñanzas de la práctica, a fin de obtener los resultados satisfactorios debidos; pero, seguramente, se harán cargo de lo justo y natural que es que me reserve extremos, como son las proporciones y condiciones de las mezclas, disposición y forma del moldeado, condiciones de la fusión y otros muchos detalles, cuya debida combinación me han proporcionado los buenos resultados obtenidos en la fabricación de cilindros endurecidos en coquilla para la trituración del trigo y compresión de las sémolas conforme a los numerosos certificados que obran en mi poder."

Tanto este trabajo, como las anteriores dos últimas comunicaciones, vienen sin conclusiones; pero la Sección acordó que constase en acta su agradecimiento por la valiosa cooperación de los respectivos autores.

Y no habiendo más asuntos de que tratar se levantó la sesión a la una de la tarde, después de leído el orden del día para el siguiente.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 23 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y cuarenta y cinco de la mañana.

El Ingeniero de Minas Sr. ABBAD (D. Manuel) da lectura a su trabajo "Tratamiento metalúrgico moderno de los sulfuros de mercurio, cinc, antimonio, etcétera", con exposición de planos, siendo muy aplaudido. Como no presenta conclusiones, el Sr. PRESIDENTE lo considera como comunicación, y propone publicarlo y que la Sección acuerde haber oído con gusto su lectura, haciéndose así.

El Sr. GAMIR hace notar que, además de esto, debe comunicarse al Consejo de Administración de Almadén el estudio del horno descrito por el Sr. Abbad; lo que se acepta.

Dice así el trabajo del Sr. Abbad:

"TRATAMIENTO METALURGICO MODERNO DE LOS SULFUROS DE MERCURIO, CINC Y ANTIMONIO Y DE LOS ARSENIOSULFUROS

Por D. MANUEL ABBAD, *Ingeniero de Minas.*

Chatillon y Herrenschmidt fueron los precursores del tratamiento metalúrgico que vamos a reseñar.

El horno de Herrenschmidt está fundado en la calcinación, en un horno de cuba, de los minerales (sulfuros y arseniosulfuros), con objeto de quemar el azufre y volatilizar en estado gaseoso los metales (mercurio, cinc, arsénico y antimonio), que pasan a un circuito metálico de enfriamiento en el que el mercurio se condensa y el cinc, arsénico y antimonio se oxidan al enfriarse sus vapores, depositándose la mayor parte de estos productos en cámaras metálicas que forman parte del circuito, y el resto en una torre filtrante de Glower, o en un estanque de agua. El anhidrido sulfuroso producido no es utilizado por Herrenschmidt, y se pierde en la atmósfera, causando perjuicios a la vegetación y a la economía animal.

Además de la pérdida del anhidrido sulfuroso, tiene el inconve-

niente el horno de Herrenschmidt de que el enfriamiento del circuito de condensación, confiado a las pérdidas de calor por radiación atmosférica, resulta insuficiente para el fin que se persigue, y de ahí que la mayor parte de los productos se recojan en la torre de Glower o en el estanque final.

Todos estos inconvenientes se han evitado cuidadosamente en el horno perfeccionado Guillem, patente española número 61.193.

Descripción del «horno perfeccionado Guillem».

Se compone de un horno de cuba, construído de material refractario, con armadura exterior metálica y parrilla desmontable.

Los gases que salen del horno, llevando en su seno los vapores procedentes de la volatilización de los metales, pasan a un serpentín metálico formado por ocho u once columnas dobles con aletas, en las que, por radiación aérea combinada con un sistema adecuado de refrigeración hidráulica, se condensa el azogue o se oxidan, y después se condensan los óxidos de cinc y antimonio y el ácido arsenioso, depositándose estos productos en nueve o doce cámaras (según los casos), que sirven de base a las columnas del serpentín. Cada cámara lleva dos puertas laterales, que permiten extraer los productos condensados, y en los hornos para azogue un indicador del nivel de éste y un grifo, que permite llenar directamente el envase donde se expide este producto.

Las cámaras de condensación van montadas sobre mesas de hierro, y pueden montarse también sobre otra base de cimentación.

La combustión en la cuba y la circulación continua de la corriente gaseosa se mantienen en actividad por la aspiración incesante de dos ventiladores montados en serie, construídos de metal o aleación especial, inatacables por los vapores mercuriales y por el anhidrido sulfuroso. Los ventiladores van montados al final del circuito de enfriamiento y condensación que forman el serpentín y las cámaras, aspirando directamente los gases de la última cámara.

A la salida de los ventiladores, los gases pasan directamente a una cámara filtrante, donde se lavan y depositan en los filtros las últimas partículas de azogue o de óxidos metálicos que llevan en suspensión.

Los gases lavados pasan después a otra cámara, donde se verifica su mezcla con vapor de agua y el contacto de esta emulsión hidrosulfurosa con substancias catalíticas apropiadas y diferentes en cada caso particular, las cuales, por su acción de presencia, determinan la oxidación del gas sulfuroso, que se transforma en ácido sulfúrico hidrata-

do, cuya densidad depende de dos factores esenciales, que son la cantidad de azufre que contiene el mineral tratado en el horno y la cantidad de vapor de agua que se inyecta para que la reacción oxidante se verifique.

El ácido sulfúrico así producido se recoge en un depósito de plomo, del cual es trasvasado para su aprovechamiento industrial.

La carga de la cuba del horno se efectúa por medio de una plataforma, situada al nivel del tragante.

La limpieza de las columnas del serpentín se efectúa cómodamente en plena marcha, utilizando una pasarela colocada a la altura conveniente. Esta altura, por una disposición especial, es regulable.

La parrilla es móvil, y puede quitarse en un momento; en caso de marcha anormal o de formación de concreciones, permite la limpieza y reparación del horno, por la facilidad de desembarazar éste de su carga total en caso necesario.

La cantidad necesaria de combustible es variable: oscila del 3 al 10 por 100. En el caso de minerales muy ricos en azufre, llevando el horno buena marcha, el consumo de combustible casi es nulo; pues el calor de la combustión del azufre es a veces suficiente para que el horno continúe su trabajo.

La capacidad de tratamiento del horno varía de 3 a 7 toneladas por día, pudiendo estimarse la capacidad normal de tratamiento en 1.500 toneladas anuales de mineral.

El personal necesario son dos obreros en cada relevo, pudiendo atenderse dos hornos contiguos con tres operarios por relevo.

Los ventiladores consumen de 6 a 8 caballos de fuerza motriz, que puede ser producida por vapor o por energía eléctrica.

La cantidad de agua necesaria para la refrigeración y servicios auxiliares varía de 1 a 2 litros por segundo a la presión de 1,5 a 2 atmósferas.

Las pérdidas son muy pequeñas: no llegan a un 10 por 100 de la riqueza del mineral; así es que el rendimiento puede calcularse que oscila del 90 al 95 por 100.

No hay peligro alguno de intoxicación; pues el gas sulfuroso se transforma en ácido sulfúrico, y el ácido arsenioso y los óxidos de cinc y antimonio no son aspirados por el personal por impedirlo la velocidad de la corriente de circulación gaseosa.

Aplicaciones a la industria minera.

El horno perfeccionado Guillem se aplica al beneficio de los minerales de mercurio, por la ventaja de su mayor rendimiento en azogue sobre los demás y por aprovechar el azufre que en todos los otros sistemas se pierde.

Calculamos que en las minas de Almadén dejan de producirse anualmente 560 toneladas de ácido sulfúrico que se podrían fabricar con el anhidrido sulfuroso que actualmente se lanza a la atmósfera con grave detrimento de la salud del obrero.

El horno perfeccionado Guillem es especial para la obtención, por tratamiento directo de los minerales, de los óxidos de cinc (blanco de cinc) y antimonio y del ácido arsenioso, aprovechando en los minerales sulfurados el azufre que contienen.

Se construyen dos tipos de hornos: de nueve cámaras para los minerales de arsénico y antimonio, y de doce cámaras para los de mercurio y cinc, variando en cada tipo la disposición especial interior.

Hornos construídos.

El primero funcionó en Deusto (Bilbao) hasta la disolución de la Sociedad que lo adquirió. Actualmente funciona en Cataluña. Fabrica óxido de antimonio.

El segundo, también para minerales de antimonio, funciona hace un año en San Clodio (Lugo), con gran éxito, hasta el punto de que el Inspector del Trabajo de aquella región, en su informe sobre "La influencia de la Guerra Europea en las industrias españolas", tomo II, página 235 (Publicaciones del Instituto de Reformas Sociales), recomienda para el porvenir de la industria minera en Galicia la instalación de estos hornos.

Para terminar, hemos dejado la ventaja principal del horno perfeccionado Guillem, que es la de no necesitar más que un quebrantado y un estrío a mano de los minerales, pudiendo prescindirse de toda concentración mecánica, por no ser necesaria; pues permite tratar toda clase de minerales de cinc, arsénico y antimonio con una ley de 15 por 100 en adelante y minerales de mercurio desde 0,25 por 100."

El Ingeniero Industrial Sr. D'OCON CORTES (D. Emilio) lee la siguiente Memoria, de que es autor:

"DATOS PRACTICOS NECESARIOS PARA EL TRABAJO Y ADECUADO EMPLEO DE LOS ACEROS ESPECIALES

Por D. Emilio D'Ocón Cortés, *Ingeniero industrial.*

Es preciso admitir que los profundos cambios que se pueden obtener en las propiedades físicas de los aceros, merced a tratamientos térmicos apropiados, son debidos a las modificaciones de los elementos que entran en su constitución. Para explicarnos estas modificaciones, sería preciso poder bucear en la naturaleza del metal, aislando en cada momento sus distintos elementos para someterlos a un análisis inmediato que nos diera la clave de sus propiedades. Desgraciadamente, sólo en casos muy excepcionales ha podido intentarse un estudio de tal naturaleza por procedimientos químicos, teniendo que limitarnos en la generalidad de los casos a los datos que procedimientos indirectos, tales como la micrografía, los análisis térmicos, magnéticos, dilatométricos, etcétera, nos pueden proporcionar.

De estos procedimientos indirectos, el que se refiere a la determinación de los puntos críticos térmicos es de la más alta importancia, es fundamental, cuando se quieren emplear en la práctica los medios de trabajo adecuados que facilitan o suprimen la producción de los constituyentes a que son debidas las propiedades físicas de los aceros.

Sabido es que, a temperaturas muy inferiores a las de la fusión, pueden producirse en los aceros, tanto al calentarlos como al enfriarlos, modificaciones profundas en su constitución. En los aceros ordinarios, el carburo normal (cementita) puede disolverse en el hierro formando una solución sólida; el hierro mismo puede experimentar transformaciones alotrópicas. En los aceros especiales, los carburos complejos se pueden además descomponer o combinar; los compuestos metálicos, formarse o disociarse. Todas estas transformaciones van acompañadas de manifestaciones térmicas que las acusan de la manera más clara y rápida. Y estas manifestaciones son lo que se ha convenido en llamar puntos críticos térmicos de los aceros.

Constituyentes de los aceros.

Los aceros son cuerpos constituídos o constituíbles por *substancias puras* (carburo normal o *cementita, ferrita,* carburos metálicos diferentes en los aceros especiales, etcétera), por *disoluciones* (*martensita,* formada por una solución sólida de carburo en hierro) agregados a mezclas muy íntimas de unos elementos con otros (*perlita,* constituída por una mezcla de ferrita y cementita; *trostita,* etcétera).

Cada uno de estos elementos tiene las que pudiéramos llamar sus condiciones de vida peculiares; esto es, su fase característica, en determinadas condiciones de medio, de coexistencia con los otros constituyentes y de temperatura; y, aisladamente, sus propiedades características de maleabilidad, de dureza, de resistencia, etcétera. Cada uno de estos elementos se forma a determinada temperatura, y se descompone o se conserva según el "trato" que le demos. El conjunto de estos elementos da lugar, en determinadas condiciones de temperatura y de presión, durante un tratamiento térmico o mecánico, a una fase o a un sistema de fases, estables o inestables a la temperatura ordinaria, reversibles o irreversibles en otras que pueden ser aprovechadas para los fines a que vamos a destinar el acero, o completamente inservibles para los mismos. Pues bien: los puntos críticos de que hablamos, distintos para cada variedad de acero, son los que nos sirven de guía para saber cuándo una fase empieza a transformarse en otra; esos puntos críticos son los que nos avisan cuándo es el momento en que el acero está en condiciones de ser sorprendido por el temple para obtener en él los elementos metalográficos que deseamos desarrollar, o cuándo, por el contrario, ha llegado el momento en que será inútil o perjudicial seguir calentándolo si queremos obtener un buen recocido.

Hipótesis.

En los aceros, el *hierro* puede existir bajo dos variedades alotrópicas principalmente interesantes: el hierro α y el hierro γ. La primera de estas variedades, estable en frío (hierro α), es magnética; la segunda, estable en caliente, no lo es nunca.

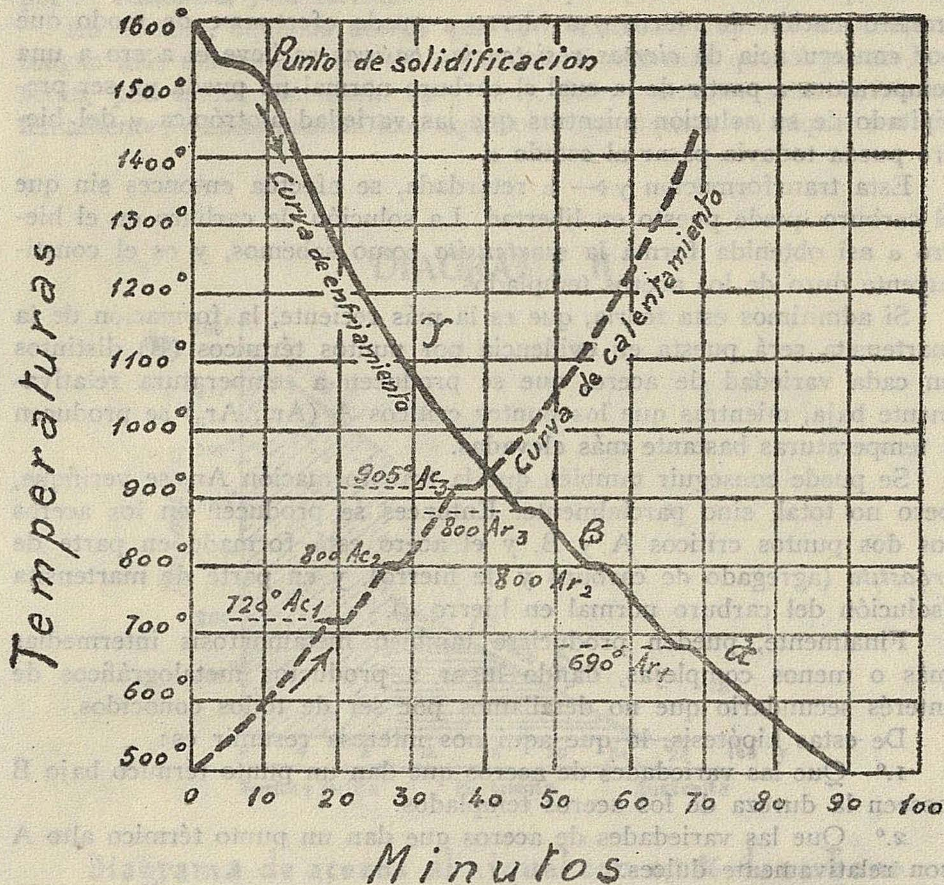
El carburo de hierro normal está: o bien en solución sólida en el hierro, o bien aislado y yuxtapuesto a él, constituyendo con éste un agregado que es la forma más estable de los *aceros* en frío. El paso de agregado a solución se produce cuando se calienta un acero a una cierta temperatura, que se revela por el punto crítico térmico generalmente llamado Ac_1 (diagrama I).

La transformación de hierro α en hierro γ es igualmente acusada por otro punto crítico (Ac_3). En muchos casos, estos dos puntos se confunden en uno solo.

Además de los puntos Ac_1 y Ac_3, se encuentra un tercer punto Ac_2 que coincide con la desaparición del magnetismo y que también, en muchos casos, viene a confundirse con los otros dos.

Cuando un acero que ha sido previamente calentado se enfría lentamente, las transformaciones inversas se producen a temperaturas ligeramente inferiores a las que corresponden al calentamiento, seña-

DIAGRAMA I



lándose, en este caso, los puntos críticos que llamaremos Ar_3 y Ar_1, y que, con frecuencia, en muchos aceros, también se confunden en uno solo. La reaparición del magnetismo se revela por un punto Ar_2 a una temperatura que es exactamente la misma que la del punto correspondiente durante el calentamiento Ac_2; si bien esta reversibilidad rigurosa no se produce en aquellos aceros en que el punto Ar_2 no es independiente de los puntos Ar_3 y Ar_1.

En cambio, si se enfría un acero muy rápidamente, es decir, si se templa a partir de una temperatura superior a la de los puntos críticos, se llega a retardar la precipitación del carburo al mismo tiempo que la transformación $\gamma \rightarrow \alpha$. Es decir, el paso de la fase "carburo disuelto" al sistema "hierro y carburo agregado" (que es la transfor-

mación en el caso del enfriamiento lento) queda impedido o *retardado*. En la operación del temple que acabamos de indicar, el retardo de la transformación de hierro γ a hierro α puede efectuarse de modo que por consecuencia de *ciertas resistencias pasivas* se lleve el acero a una temperatura a partir de la cual el carburo normal no pueda ya ser precipitado de su solución mientras que las variedad alotrópica γ del hierro pueda todavía pasar al estado α.

Esta transformación $\gamma \rightarrow \alpha$ retardada, se efectúa entonces sin que el carburo quede puesto en libertad. La solución de carburo en el hierro α así obtenida forma la *martensita* como sabemos, y es el constituyente duro de los aceros templados.

Si admitimos esta teoría, que es la más reciente, la formación de la martensita será puesta en evidencia por puntos térmicos (B) distintos en cada variedad de acero, que se producen a temperatura relativamente baja, mientras que los puntos críticos A (Ar_1, Ar_3) se producen a temperaturas bastante más elevadas.

Se puede conseguir también que la transformación Ar_1 se verifique, pero no total, sino parcialmente. Entonces se producen en los aceros los dos puntos críticos A y B, y el acero está formado en parte de *troostita* (agregado de carburo y de hierro), y en parte de martensita (solución del carburo normal en hierro α).

Finalmente, pueden producirse también metamorfosis intermedias más o menos complejas, dando lugar a productos metalográficos de interés secundario que no detallamos por ser de todos conocidos.

De estas hipótesis, lo que aquí nos interesa resumir es:

1.° Que las variedades de aceros que dan un punto térmico bajo B poseen la dureza de los aceros templados.

2.° Que las variedades de aceros que dan un punto térmico alto A son relativamente dulces.

Otras influencias.

Hasta ahora, sólo hemos tenido en cuenta la influencia de la velocidad sobre la intensidad o el desplazamiento de los puntos críticos de enfriamiento; pero hay otros procedimientos para modificar esas *ciertas resistencias pasivas* de que hablábamos, y a las que hemos atribuído las variaciones de los puntos críticos. De estos procedimientos, sólo citaremos los dos más importantes; a saber:

La adición de metales especiales, como el níquel, el cromo, etcétera. El diagrama II señala un ejemplo. En él se ve que los aceros al níquel poco carburados con una riqueza en níquel inferior al 10 por 100 tienen un punto A y son relativamente dulces. Estos aceros estarán, pues,

constituídos, después de un enfriamiento normal, por perlita, originada por la cementita y la ferrita.

En cambio, aquellos aceros que con la misma riqueza en carbono tengan más del 10 por 100 de níquel, no tienen más que el punto B y serán, por tanto, martensíticos y muy duros, aunque sean enfriados lentamente; siendo austeníticos aquellos cuya riqueza en níquel sea su-

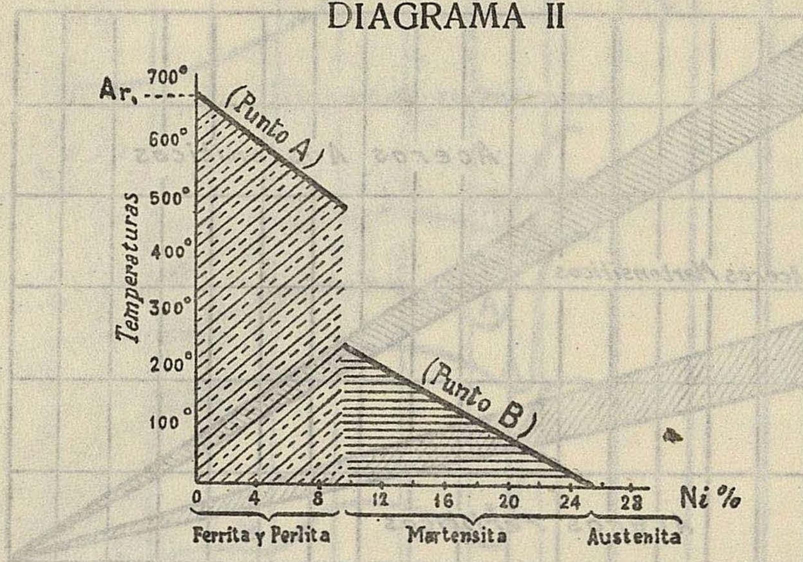


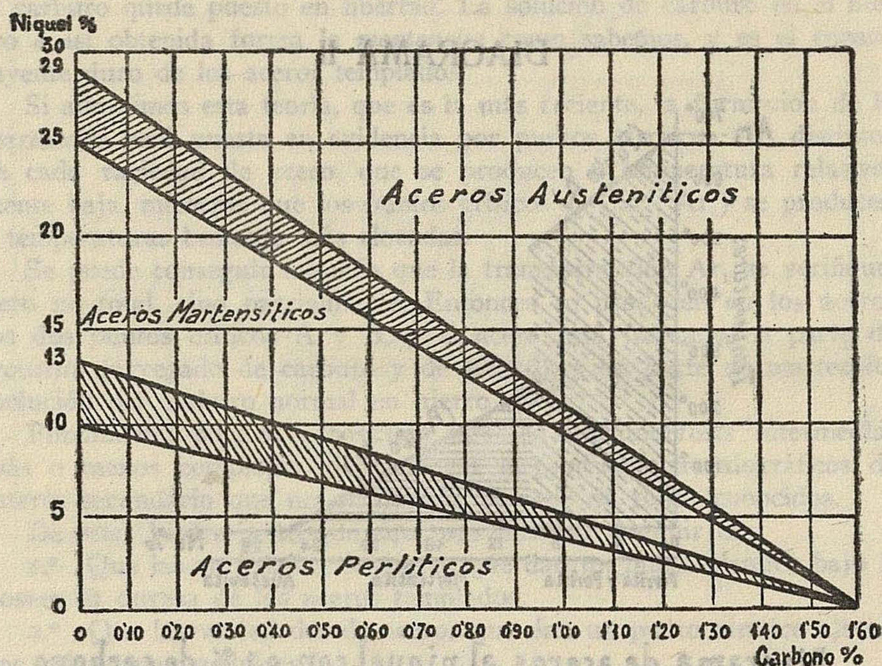
Diagrama de aceros al niquel con 0,2 % de carbono enfriados normalmente

perior al 25 por 100. Todos estos °/₀ se refieren al acero con 0,2 por 100 de carbono; disminuyendo numéricamente a medida que aumenta el °/₀ de carbono, en la forma indicada por el diagrama III. (Tomado de una conferencia del Sr. Gullón sobre aceros especiales.)

Vemos, pues, que la adición de metales especiales (tal como el níquel en el caso que estamos observando) tiene por efecto dar estabilidad a ciertas fases, fortalecer y desarrollar especies metalográficas que antes no tenían "vida estable" sino a temperaturas altas (sobre todo en los aceros de pequeño °/₀ en carbono), permitiéndonos obtenerlas y

poder contar con ellas con toda seguridad y fijeza en los aceros una vez ya fríos, sin necesidad de recurrir al temple. Véase en el diagrama cómo la *austenita*, elemento que en los aceros corrientes que no llegan al 1 por 100 de carbono sólo tiene su fase característica junto con el

DIAGRAMA III



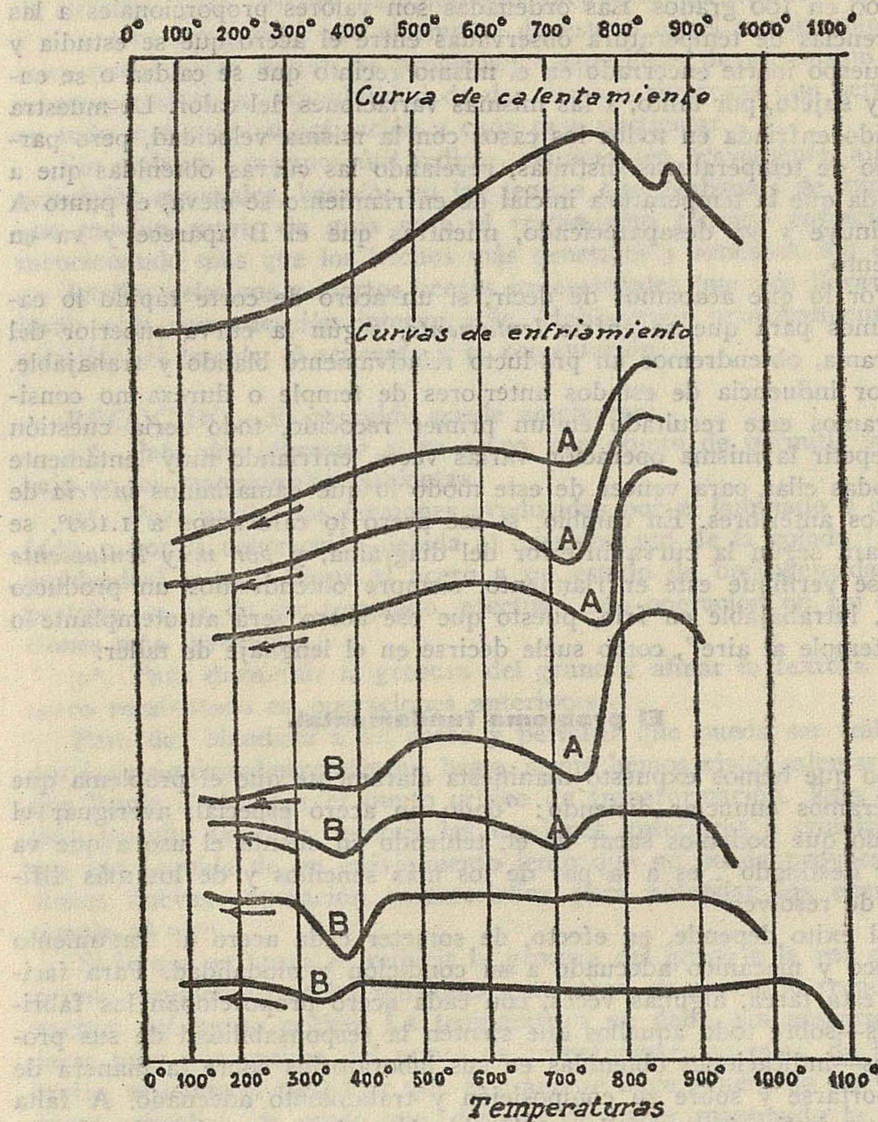
hierro γ a temperaturas comprendidas entre los 900° y los 1.300°, puede obtenerse con toda estabilidad y persistencia, llegando a ser absolutamente refractaria a las transformaciones con sólo agregar a dichos aceros la suficiente cantidad de níquel.

Influencia de la temperatura.

El otro procedimiento de que hemos hablado para modificar las resistencias pasivas a que atribuimos la variación de los puntos críticos de enfriamiento, estriba en elevar más o menos la temperatura máxima de caldeo.

Las curvas del diagrama IV muestran claramente esta influencia.

DIAGRAMA IV



Curvas de puntos criticos de un acero para herramientas rapidas

Corresponden todas ellas a una misma muestra de acero rápido de herramientas. Sobre el eje de abcisas se han tomado las temperaturas de 100 en 100 grados. Las ordenadas son valores proporcionales a las diferencias de temperatura observadas entre el acero que se estudia y un cuerpo inerte encerrado en el mismo recinto que se caldea o se enfría y sujeto, por tanto, a las mismas variaciones del calor. La muestra ha sido enfriada en todos los casos con la misma velocidad, pero partiendo de temperaturas distintas, revelando las curvas obtenidas que a medida que la temperatura inicial de enfriamiento se eleva, el punto A disminuye y va desapareciendo, mientras que el B aparece y va en aumento.

Por lo que acabamos de decir, si un acero de corte rápido lo calentamos para que se enfríe *lentamente*, según la curva superior del diagrama, obtendremos un producto relativamente blando y trabajable. Si por influencia de estados anteriores de temple o dureza no consiguiéramos este resultado en un primer recocido, todo sería cuestión de repetir la misma operación varias veces, enfriando muy lentamente en todas ellas para vencer de este modo lo que llamaríamos *inercia* de estados anteriores. En cambio, si ese acero lo caldeamos a 1.100°, se enfriará según la curva inferior del diagrama, y *por muy lentamente* que se verifique este enfriamiento, siempre obtendremos un producto duro, intrabajable en frío, puesto que ese acero será autotemplante o de "temple al aire", como suele decirse en el lenguaje de taller.

El problema fundamental.

Lo que hemos expuesto manifiesta claramente que el problema que pudiéramos enunciar diciendo: "dado un acero especial, averiguar el partido que podemos sacar de él, teniendo en cuenta el uso a que va a ser destinado", es a la par de los más sencillos y de los más difíciles de resolver.

El éxito depende, en efecto, de someter cada acero al tratamiento térmico y mecánico adecuado a su condición y modalidad. Para facilitar esta tarea, algunas veces, con cada acero proporcionan los fabricantes—sobre todo aquellos que sienten la responsabilidad de sus productos—indicaciones obtenidas en sus laboratorios sobre la manera de comportarse y sobre su composición y tratamiento adecuado. A falta de estas indicaciones, no hay más sino investigar en cada caso las características correspondientes. Respecto a estas investigaciones y al uso que de ellas debe hacerse en la práctica, se comprende que el número de variedades distintas de aceros especiales puede ser tan grande como se quiera; bastará alterar la proporción en que entra cualquiera de los

componentes, ya sea el níquel, el cromo, el molibdeno, el tungsteno, el vanadio, etcétera, o de dos de éstos, o sencillamente el tanto por ciento de carbono, para obtener innumerables variedades de aceros distintos; y si a esto agregamos que el empleo de este o aquel tratamiento térmico puede hacer variar las propiedades específicas de un mismo tipo, se comprenderá la imposibilidad de dar normas rigurosas que permitan en todo momento su aplicación a cada caso particular.

Sin embargo, creemos útil indicar, siquiera sea brevemente, algunos principios esenciales, basados en las teorías que acabamos de exponer, que puedan servir de guía para el tratamiento térmico correcto, no mencionando más que los hechos más generales y sencillos, sin entrar en detalles relativos a ciertos aceros excepcionales que nos llevarían a hacer esta comunicación interminable. Hablaremos principalmente del *recocido*, el *temple*, el *revenido* y la *cementación*.

RECOCIDO.—El recocido puede emplearse:

1.º Para dar blandura a un acero, con objeto de permitir su trabajo en las máquinas-herramientas.

2.º Para anular las tensiones producidas por el laminado o el forjado, o por la contracción debida al enfriamiento de la colada (aceros moldeados) y para llevar el acero a un estado de homogeneidad que permita, si ha de ser templado, efectuar esta operación en las condiciones más favorables.

3.º Para disminuir la grosura del grano y afinar la textura de un acero recalentado en operaciones anteriores.

Para dar blandura a un acero y permitir que pueda ser trabajado por las máquinas-herramientas, basta, según hemos visto, calentarlo, sin que llegue a alcanzar el punto crítico de transformación. Esta operación permite también destruir las tensiones anteriores a condición de que sea seguida de un enfriamiento lento que no pueda provocar tensiones nuevas; operación característica para ablandar los aceros de temple al aire.

Si lo que se busca es reducir la grosura del grano a la vez que suprimir completamente las tensiones anteriores, es necesario recocer por encima del punto crítico. La temperatura no debe, sin embargo, alejarse muy por encima del punto de transformación; pues, de lo contrario, se corre el riesgo de que el grano se haga grueso de nuevo y el acero cristalice, de modo que, después de haber mantenido la temperatura alta por algún tiempo y se haya dejado enfriar el metal lentamente, nos encontremos con una textura grosera y un acero frágil. Esta precaución es necesaria incluso cuando hay que someter el acero a un temple posterior; pues el temple no destruye nunca por completo

una anterior textura grosera, y pudiera suceder que, aun con un tratamiento final correcto, obtuviéramos una resistencia al choque pequeña. Prácticamente se debe recocer a 100-150° por encima del punto crítico más elevado; viéndose aquí cuán necesarias son en la práctica las curvas de los puntos térmicos de los aceros.

TEMPLE.—Ciertos aceros son empleados después del temple sin revenido. Estos son aceros dulces o extradulces al carbono, o especiales, a los que el temple da una resistencia muy grande al choque. Este es también el caso de los aceros cementados cuya superficie se quiere que tenga la mayor dureza posible. Pero, en general, el temple comunica a las piezas una dureza demasiado grande y, por consecuencia, una resistencia al choque insuficiente; de modo que el efecto del temple debe ser corregido por un revenido.

Elección de la temperatura de temple.—Lo mismo que para el recocido, es necesario no adoptar para el temple una temperatura demasiado elevada; pues el acero cristalizaría durante su permanencia en temperaturas elevadas, y, a pesar de la acción del enfriamiento rápido, conservaría una textura más o menos grosera, perjudicial a la resistencia al choque. Por otro lado, en la mayor parte de los hornos industriales, se produce una descarburación y hasta una oxidación superficial del metal cuando la temperatura se eleva demasiado; lo que da por consecuencia que el temple tenga una acción menos enérgica y menos uniforme, de modo que las piezas presentan irregularidades de dureza, sobre todo en la superficie.

Cada acero tiene una temperatura determinada como la mejor para el temple y de la que no nos debemos separar sensiblemente si queremos obtener las mejores condiciones de resistncia y de textura. Cuando no se poseen los datos teóricos que deben acompañar a cada acero, se puede determinar esta temperatura óptima en cada caso particular por el siguiente método: se preparan muestras del acero a estudiar y se templan a temperaturas escalonadas, haciendo el enfriamiento en las condiciones más parecidas a las que en la práctica se van a utilizar. Bastará entonces romper estas muestras y examinar su textura para adoptar como temperatura de calda aquella que haya dado al acero el grano más fino con la dureza suficiente.

Elección del modo de enfriamiento.—Se puede decir que cuanto más enérgico es el temple, la textura obtenida es más fina, y las características que resultan después del temple son más satisfactorias. Sin embargo, a partir de una cierta energía de temple, es inútil aumentar la velocidad de enfriamiento, puesto que, sin obtener ninguna ventaja sensible, se correría el riesgo inútil de deformar y agrietar las

piezas. Este es el caso de los aceros que endurecen considerablemente por temple al aire o al aceite, y que no hay por qué templar al agua. Los aceros fuertemente carburados deben templarse al aceite por esta razón: sobre todo, cuando se trata de grandes piezas, aunque este modo de temple no dé una textura tan fina y tan dura como el temple al agua.

En el límite que permita el temor a las deformaciones y grietas, habrá que buscar siempre el mayor endurecimiento posible. Se templarán, pues, al agua los aceros poco carburados, al agua caliente o al aceite los más carburados, y al aire los aceros autotemplantes y que tengan el punto de transformación de enfriamiento muy bajo.

La condición esencial para producir un gran endurecimiento es enfriar con rapidez antes y mientras se efectúa la transformación (con objeto de hacer que ésta se produzca a la temperatura más baja posible); pero sería inútil continuar enfriando rápidamente una vez que dicha transformación se haya verificado. En la generalidad de los casos, se deberán retirar las piezas del baño de temple cuando tengan todas sus partes por debajo de 100° o 200° y dejarlas enfriar a continuación más lentamente (al aire o entre cenizas) para evitar las fisuras y deformaciones; y, mejor aún, se puede, si han de ser sometidas a un revenido, meterlas inmediatamente en el horno de modo que no se enfríen por completo.

REVENIDO.—El revenido tiene por objeto dar a las piezas de acero, corrigiendo la acción del temple, las características mecánicas que requiere su empleo; y tiene por efecto, cuando se le hace seguir de un enfriamiento bastante lento, atenuar las tensiones existentes después del temple.

De un modo general, el revenido disminuye el límite elástico, la resistencia y la dureza del acero templado; pero aumenta el alargamiento, la contracción y la resistencia al choque. Esta acción no se hace sentir fuertemente sino a partir de una cierta temperatura, que suele ser de unos 300°, y varía alrededor de este límite según la variedad del acero de que se trate.

Lo más general es que el revenido se efectúe entre 400° y el punto crítico de calentamiento; es decir, en la zona de temperatura en que más influencia tiene el revenido sobre las propiedades mecánicas. Una particularidad notable es que, para ciertos aceros (por ejemplo, los aceros al níquel-cromo), la resistencia al choque disminuye, en vez de aumentar, cuando el revenido se efectúa entre 300° y 400°.

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE REVENIDO. — Si se quiere obtener en una pieza templada de un acero conocido características me-

cánicas determinadas, la temperatura que se debe adoptar para el revenido depende esencialmente de la energía del temple inicial, la cual depende a su vez del sistema de enfriamiento adoptado y del tamaño de la pieza. Cuanto mayor sea la dureza inicial, más alta debe ser la temperatura del revenido para bajar la resistencia al valor fijado. Así resulta que habrá que dar un revenido más elevado a una pieza pequeña que a una grande, si con un mismo temple se las quiere llevar a una misma resistencia; y, por otra parte, que las propiedades de la pieza pequeña serán superiores a las de la pieza grande. Igualmente, una pieza templada al agua exigirá una temperatura de revenido superior, y presentará, a igualdad de resistencia, mejores características mecánicas que si se templara al aceite.

Según esto, no se puede determinar la temperatura de revenido conveniente más que operando sobre las mismas piezas o sobre piezas enteramente semejantes a aquellas que se trata de trabajar. El uso de gráficas que dan las características de un acero templado y revenido en función de las temperaturas de revenido, no pueden suministrar datos precisos más que para aquellas piezas de dimensiones y de masa análogas a las de las que han servido para establecer estas gráficas.

La influencia de la duración de la temperatura es mucho menor que la del valor mismo de esta temperatura; pero lejos de ser despreciable, hay muchas veces que tenerla en cuenta. En la práctica, es indispensable que el caldeo sea bastante lento y la temperatura máxima suficientemente mantenida para que las piezas lleguen a estar caldeadas "a fondo", y este tiempo varía naturalmente con las dimensiones de las piezas. Aquellas que hayan sido completamente enfriadas después del temple; y, sobre todo, si están constituídas por aceros de calidades duras, deben calentarse muy lentamente, con gran regularidad al principio del revenido, si se quieren evitar deformaciones peligrosas. Del mismo modo hay que guardarse de introducir bruscamente las piezas frías en un horno caliente.

Influencia del enfriamiento después del revenido.—La velocidad de enfriamiento después del revenido no tiene influencia sobre la textura y la resistencia al choque; pero en ciertos aceros (níquel-cromo) no sucede así. La textura y la resistencia al choque de estos aceros depende de la velocidad con que se franquea durante el enfriamiento una cierta zona de temperaturas próximas a los 500°. Si esta velocidad es suficiente, la textura es fibrosa, y la resistencia al choque es elevada; si, por el contrario, esta velocidad es demasiado débil, la textura pasa total o parcialmente de la fibra al grano, y la resistencia al choque disminuye. Es necesario, pues, en este caso, terminar el revenido por un enfriamiento rápido, pero sin perder de vista que esto presenta el

inconveniente de desarrollar tensiones en las piezas, y que esas tensiones son tanto mayores cuanto más lo son la temperatura de inmersión y la velocidad de enfriamiento.

LA CEMENTACION.—Esta operación, que se aplica lo mismo a los aceros pobres en carbono que a ciertos aceros al níquel, al níquel-cromo y al níquel-molibdeno, blandos y semiduros, está indicada cuando se desea que las piezas tengan después del temple una superficie muy dura resistente al frotamiento y al desgaste con un alma dulce y poco frágil. Respecto de esta conocidísima operación, sólo indicaremos que es necesario evitar el empleo de cementos demasiado activos, que carburan enérgicamente la superficie, sin dejar que el carbono penetre suficientemente en el interior, a no ser que se deseen profundidades de cementación obtenidas en un tiempo muy corto y, por tanto, muy débiles.

Como consecuencia de la absorción del carbono por la superficie de las piezas, tendremos, en este caso, dos aceros *distintos* superpuestos. Luego, teóricamente, serán necesarias dos temperaturas de temple distintas para obtener los mejores resultados en el conjunto de la pieza. Por otro lado, en razón de la duración y de la alta temperatura de la operación (850° a 1.050°), se produce una cristalización frecuentemente importante; y así se ve que, si se deja enfriar una pieza cementada al salir de la caja y se la parte, la fractura presenta un grano grueso, brillante. Por consecuencia, si se templara una pieza cementada inmediatamente a la salida de caja, se tendría una mala textura en las dos partes, porque, en primer lugar, la temperatura de cementación no conviene generalmente para el temple de ninguno de los dos aceros que constituyen la pieza después de la cementación, y, en segundo término, porque la pieza ha estado sobrecalentada durante la operación tanto tiempo que necesita ser regenerada.

Es necesario, pues, empezar por dejar que se enfríen los objetos cementados, por lo menos hasta que las dos capas hayan sufrido su transformación de enfriamiento: prácticamente, por debajo del rojo para los aceros dulces ordinarios o los aceros de poca riqueza en níquel, y más todavía para los restantes aceros especiales. Lo general es dejar enfriar completamente las piezas. Este enfriamiento es conveniente efectuarlo lentamente en las mismas cajas de cementación cuando se desea evitar por completo las tensiones y preparar el acero para ulteriores temples sin riesgo de deformaciones y fisuras. A continuación se calienta la pieza por encima del punto crítico del núcleo, o de su punto más elevado, si tiene varios (caso general en los aceros de cementación), y una vez alcanzada la temperatura más indicada para

el temple, se procede a verificarlo para regenerar el alma. Entonces, la capa cementada, cuyo punto crítico de calefacción es siempre más bajo que el correspondiente al núcleo, queda cristalina por haber sido recalentada. Será preciso dar un segundo temple calentando por encima del punto crítico de la capa dura y a una temperatura conveniente (generalmente hacia 775-800°), a fin de dar a la capa cementada el máximo de dureza y el grano más fino posible. Durante el primer temple, la temperatura debe ser mantenida el menor tiempo necesario para calentar a fondo el núcleo, con objeto de no hacer cristalizar el alma y no descarburar la superficie.

Los aceros de cementación al níquel-cromo y níquel-molibdeno suelen tener próximos los puntos críticos de las dos zonas, dura y dulce, no pasando ambas de los 800°. El doble temple no es entonces tan necesario como en los demás casos. Se puede hacer un temple único a una temperatura superior al punto crítico del núcleo (hacia los 850° en general) que conviene también para la capa dura. Lo que sí es necesario siempre es dejar enfriar las piezas después de la cementación y volver a calentar para el temple, con el fin de hacer desaparecer toda cristalización posible.

En cuanto al modo de templar, se hace al agua o al aceite, según los riesgos más o menos grandes de deformaciones o fisuras. El temple al agua es casi siempre preferido desde el punto de vista de la textura del alma y la dureza de la superficie; pero se templan siempre al aceite los aceros especiales relativamente duros expuestos a deformaciones difíciles de corregir después del tratamiento. A veces, se hace un primer temple al aceite, y un segundo temple al agua, menos peligroso ya a causa de que la temperatura es menos elevada.

Con esto damos por terminadas estas mal hilvanadas notas. Al trazarlas, sólo nos propusimos hacer observar algo que es de grandísimo interés para todos nosotros en estos momentos. En nuestro país, tienen hoy día una aplicación muy limitada los aceros especiales, que no siendo casi objeto de la Industria nacional, debieran serlo. El campo que se ofrece a la utilización de estos aceros es inmenso. Pues bien: si no se establece un riguroso paralelismo entre el trabajo en los talleres, entre la obra ruda de las forjas y las observaciones y estudios del laboratorio de investigación; si dejamos de nuevo que los aceros especiales caigan en manos de obreros y contramaestres inexpertos; si fiamos, como siempre, los resultados a la rutina de los que tan mal se llaman "prácticos", el éxito de estos aceros en España se alejará inde-

finidamente, la producción nacional continuará por largos años falta de este apoyo formidable, y la responsabilidad de que esto ocurra será nuestra, de los Ingenieros."

Es muy felicitado el autor del anterior trabajo, y se aprueban las conclusiones del mismo, que son las siguientes:

"1.ª Necesidad de redactar una Cartilla de instrucciones prácticas para el tratamiento adecuado de los aceros especiales que puedan servir de tipo a todos los que se empleen en la Industria.

"2.ª Constitución de una Comisión formada por Ingenieros competentes en la materia, con el fin de redactar dicha Cartilla de instrucciones.

"3.ª Que esta Cartilla sea proporcionada gratuitamente a quien la solicite por la Dirección general de Comercio, Industria y Trabajo.

"4.ª Que se solicite del Estado la subvención necesaria para atender a los gastos que origine la confección y publicación de las mencionadas instrucciones, y para desarrollar los laboratorios especialmente dedicados al estudio de aceros especiales."

El Sr. GULLON (D. Eduardo) enaltece el notable trabajo del señor D'Ocón, le ofrece su concurso y el del Laboratorio Metalográfico de la Escuela de Minas, y propuso que la última conclusión se ampliase en el sentido ya marcado de que se subvencionen los Laboratorios dedicados a esta clase de investigaciones.

El Sr. PRESIDENTE dice que habiendo solicitado la Sección 12.ª, a cada una de las otras, un Programa de Reconstitución nacional, se va a someter a discusión el trabajo redactado por el Sr. Rodrigo para este fin.

El Sr. SECRETARIO lee la siguiente Memoria, que es muy aplaudida, y dice así:

"PROGRAMA PARA LA RECONSTITUCION NACIONAL: MINERIA Y METALURGIA

Por D. RODRIGO DE RODRIGO, *Ingeniero de Minas.*

La producción minera española alcanza, según las últimas estadísticas, un valor de 600 millones de pesetas, calculado para los productos a bocamina, y muy cerca de MIL MILLONES para los correspondientes al ramo de beneficio metalúrgico, tasados en las fábricas productoras.

Estas cifras podrán elevarse de una manera prodigiosa el día que nuestra nación alcance el nivel industrial de otros pueblos europeos, que

ocupan, como productores, los primeros lugares, en condiciones quizá menos favorables que las nuestras, y aun a costa de nuestro propio abandono.

España es, en efecto, un inmenso depósito de materias primas abierto con liberalidad excesiva a la voracidad insaciable de la gran industria extranjera, que nos las devuelve después, en parte, transformadas en variadas manufacturas. Contamos con yacimientos minerales de casi todas las menas industriales; pero hemos consentido que, sobre las más ricas, se ejerza un acaparamiento por elementos extraños; y así, mientras dejan en nuestro país un beneficio insignificante, pasan a enriquecer a otras naciones los productos arrancados a nuestro subsuelo.

Nuestras siderurgias no bastan a surtir el mercado nacional; pero exportamos nuestros mejores minerales de hierro, para que, mezclados a los suyos, de calidad muy inferior, alimenten los altos hornos ingleses y alemanes.

Ocupamos el primer puesto en el Mundo como productores de piritas; pero éstas se exportan casi íntegramente para mantener esas colosales industrias químicas extranjeras. Podíamos ejercer un monopolio casi absoluto sobre el mercado mundial de mercurio; pero la producción de Almadén se envía a Londres, para que de allí nos fijen su precio. Exportamos gran parte de nuestras blendas y la totalidad de nuestras menas de cobre, sin que una sola fábrica las beneficie; y esta corriente emigratoria de nuestros minerales, que se han dejado caer en manos de extranjeros, no ha sido encauzada en forma que produjese a España las ventajas que hubiese podido obtener al aprovecharla como medio de intercambio comercial.

Otros minerales, no tan necesarios a la industria extranjera, permanecen en nuestros criaderos esperando una explotación que debería ya ser importante. Ahí están las sales potásicas de Cataluña, una parte de las cuales fueron reservadas al Estado hace más de cuatro años; los yacimientos de bauxita, los estaños del NO. y los criaderos de fosfatos, todavía apenas reconocidos.

Quedan, pues, en España, unos por inexplotados, y otros por la abundancia con que se presentan, a pesar de la rapaz exportación de que han sido objeto, enormes reservas minerales, y reciente está el notable estudio que sobre su inventario hicieron cuatro Ingenieros de Minas de los más prestigiosos de nuestro Cuerpo. Y creemos llegado el momento de que por todos sea aplicado el remedio, para modificar tan lamentable estado de cosas.

Las medidas directas e indirectas que creemos apropiadas para remediar el mal, pueden referirse a cuatro capítulos principales: *Legislación, Explotación, Investigación* y *Organización*. En ellas vamos a

apuntar, ligeramente comentados, los epígrafes del programa, que estimamos puede conducirnos a la anhelada reconstitución minera y metalúrgica de España.

LEGISLACION

Es indispensable la inmediata promulgación de un Código minero que introduzca normas fijas en nuestra caótica legislación y ponga coto al liberalismo actual en la concesión de registros. Este Código, que desde hace siete años viene presentándose a las Cortes en todas las legislaturas, sin que se haya nunca discutido, debe estar inspirado en el principio de que las minas son una propiedad del Estado que no puede ser cedida a particulares. Pueden darse sólo concesiones de explotación, con intervención y participación del Estado en los beneficios, y sujetas a un pliego de condiciones cuyo incumplimiento implique la inmediata caducidad.

Las concesiones mineras deben recaer exclusivamente en súbditos o entidades españoles y revertir al Estado, al cabo de un número de años determinado, con todas sus instalaciones y labores. El concesionario debe demostrar que se halla en condiciones de poder explotar el criadero, y, aun antes de acordar la concesión, debiera celebrarse un concurso y entregarla a quien más garantías ofreciera como explotador. El trabajo en las concesiones debe ser continuo y forzoso, bajo pena de caducidad. La intervención del Estado debe ser eficaz y referente, no sólo a la policía y seguridad de los trabajos, sino a la explotación ordenada y regular del criadero. Todas estas medidas deben tener carácter retroactivo para las concesiones existentes. Debe ser regulado el trabajo obrero y estudiada la forma de participación del personal en los beneficios, de una manera semejante a como está en otras legislaciones extranjeras. La intervención en las explotaciones particulares, las investigaciones y la explotación de las minas del Estado debe depender exclusivamente del Cuerpo de Ingenieros de Minas, al cual se dará para ello la autonomía necesaria, borrando viejas prácticas e inútiles trabas administrativas. A este fin, debe ser creada una Dirección general de Minas, esencialmente técnica, y a ella deben pasar todos los servicios mineros que actualmente radican en el Ministerio de Hacienda. Si no se camina firme y rápidamente a la nacionalización de las minas, España malgastará estérilmente su inmensa riqueza subterránea.

EXPLOTACION

Es necesario nacionalizar los mercados de minerales, fijando dentro de España los precios reguladores de las distintas menas. Claro es que el medio más eficaz sería estableciendo en España fábricas metalúrgicas que absorbieran nuestra producción minera. A este objeto deben tender todos los esfuerzos del Estado, iniciando y estimulando al Capital, con facilidades para la constitución de sociedades, rebaja de contribuciones, concesión de primas sobre la producción y garantía de interés sobre el capital invertido, previa aprobación de los proyectos y presupuestos de instalación. El Estado percibe hoy de la industria minera unos 40.000.000 de pesetas, y dedica a los servicios correspondientes poco más de 4.000.000. Con tal cifra no es posible labor útil en el sentido indicado. Debe estudiarse una escala de impuestos sobre la exportación de los distintos minerales, que dificulten gradualmente su salida, y dedicar íntegramente este producto a ayudar la implantación de industrias metalúrgicas que los aprovechen. Puede también ser creado un Banco Nacional Minerometalúrgico, constituído e intervenido por el Estado, que patrocine estas empresas y hasta las desarrolle directamente; en este establecimiento tendrían patriótica y remuneradora aplicación las grandes reservas de metálico que hay hoy inactivas en España. El Tesoro público debe ser partícipe en este Banco, figurando en él como un accionista, con la cantidad que pueda dedicar a esta parte de la reconstitución nacional.

Debe favorecerse, y hasta obligarse en muchos casos, la explotación mancomunada, por un solo sistema de labores, de las pequeñas concesiones existentes en determinadas regiones de España, como las sierras de Cartagena y Almagrera, donde el trabajo aislado no es posible más que en condiciones excepcionales de riqueza de los filones, perdiéndose así una riqueza que sería aprovechable con una explotación en gran escala. Debe estudiarse con urgencia y fomentar la construcción de ferrocarriles mineros, formando redes regionales que enlacen con las grandes arterias ferroviarias. Esta cuestión de los transportes es fundamental en Minería: Alemania no autoriza la construcción de ningún ferrocarril cuyo trazado no haya sido revisado y aprobado por su Cuerpo de Ingenieros de Minas, y otro tanto debiera hacerse aquí.

En la explotación de nuestras cuencas carboníferas, ya que ellas no sean tan abundantes y buenas como deseamos, debe tenderse a una utilización integral y completa de las hullas, destilando a bocamina con aprovechamiento de los subproductos, alquitranes, benzol, sulfato amónico, etcétera. Ello daría origen, con substancias tan necesarias, a una

enorme energía eléctrica, que en su día podría ser distribuída por toda la Nación, enlazando las centrales generatrices a la red eléctrica general proyectada.

Nuestros lignitos, de los que disponemos de masas inmensas en distintas regiones aisladas, y cuya explotación fué apenas iniciada con motivo de la guerra, volverán a ser abandonados. No tienen, en circunstancias normales, más aplicación racional que la destilación integral *in situ,* con aprovechamiento de hidrocarburos y productos amoniacales, para accionar motores de gas. La formidable fuerza así engendrada serviría, unida a nuestras reservas hidráulicas, para crear y sostener las industrias metalúrgicas que necesitamos, en defecto de los excelentes y abundantes carbones que nos faltan. Otro tanto puede decirse de las areniscas impregnadas y las pizarras bituminosas que tan pródigamente nos ofrecen varias provincias, como una compensación de los petróleos de que carecemos.

Puede así establecerse la Electrosiderurgia, cuyo estudio ha sido hecho tan acertadamente en estos últimos años; ello nos permitiría emplear nuestros magníficos minerales de hierro mezclados a otros de calidades inferiores y convertirnos en nación constructora y exportadora de manufacturas y máquinas, merced a nuestras reservas de menas beneficiables, tasadas en 900 millones de toneladas.

Es necesario, por razones de seguridad nacional y por necesidades sentidas de la Industria, implantar en España la fabricación de ferrocromo, ferroníquel, ferrotungsteno, etcétera, y la consiguiente de aceros especiales, ya que disponemos de todas las menas necesarias para ello. Esta fabricación debe ser realizada por el Estado mismo, que recientemente se ha reservado los más ricos yacimientos de cromo y níquel de la serranía de Ronda.

Es también de imperiosa necesidad nacionalizar las industrias de los superfosfatos fabricando en España la cantidad necesaria, no teniendo en cuenta la que hoy consume, sino la que debiera consumirse, dada la extensión de nuestras tierras laborables. Para ello debe favorecerse la importación de fosfatos térreos, hasta tanto que pueda bastarnos nuestra producción, hoy muy pequeña.

Otro tanto puede decirse de los abonos nitrogenados, cuya fabricación en España podría intentarse, y de las sales potásicas, cuyo abandono constituye una vergüenza para el Estado.

Respecto a las minas del Estado, ya hemos indicado algo. Debe procederse con urgencia a industrializar los establecimientos de Almadén y Arrayanes, haciendo desaparecer las rémoras administrativas y dotándolos de los créditos globales necesarios a su desenvolvimiento. Igualmente debe ser trabajada por el Estado la mina de grafito de Benavis,

cuyo mineral puede compararse en riqueza con los mejores del Mundo.

Por último, y principalmente por lo que se refiere al plomo, única Minería de cierto carácter nacional, debe favorecerse la Metalurgia por sindicatos de mineros, que fundiendo, así, por su cuenta, puedan llevar a los hornos, sin perjuicio, minerales no muy refinados en los lavaderos y utilizar mejor los minerales pobres.

Llevado a cabo enérgicamente este programa, habrían desaparecido las principales causas de nuestro atraso industrial.

INVESTIGACION

Simultáneamente con la adopción de las medidas apuntadas para el desarrollo de nuestra Minería actual, debe comenzar un estudio ordenado de nuestras regiones poco conocidas, donde seguramente han de existir riquezas minerales, según un plan basado en algo más serio que el "hallazgo al azar", único seguido hasta hoy. Precisamente en estas regiones inexploradas la acción del Estado debe preceder a la de los particulares, dando los primeros pasos difíciles, realizando una investigación científica, que forzosamente producirá sus frutos; a trabajos de esta índole responden casi todos los grandes descubrimientos mineros de los Estados Unidos, que han colocado a este pueblo a la cabeza de las naciones productoras.

Entre estas regiones típicas, que deben encerrar criaderos minerales de todas clases, podemos citar las sierras de Gata y Gredos, el núcleo de Sierra Nevada, los de Sierra Menera, Contraviesa y Alpujarra, las sierras del Teleno y de Galicia, y la falda pirenaica del Sur, desde el extremo occidental de la provincia de Huesca al oriental de la de Gerona.

Es necesaria la explotación de carbones a grandes profundidades por bajo de las formaciones más modernas, en aquellas regiones en que es lógico suponer que se extiendan los tramos carboníferos, y que, de hallarlos, transformarían de un golpe la potencialidad hullera e industrial de la Nación. Dos regiones reclaman esta investigación con urgencia: la que se extiende desde Ponferrada, por las provincias de León, Palencia y Santander hasta el sudeste de la de Burgos, y la de la provincia de Sevilla, al sur de la falla del Guadalquivir.

Es preciso también terminar el reconocimiento de la serranía de Ronda y poner en explotación los yacimientos recientemente descubiertos de níquel y cromo; reanudar el laboreo de las minas de grafito del Estado de Benavís, que, por una desidia inexplicable, yacen en el ma-

yor abandono, e instalar la fábrica de ferros y energía eléctrica proyectada.

Reviste el mayor interés fomentar la explotación de las fosforitas y descubrir nuevos yacimientos en niveles cretáceos, que lógicamente deben existir, análogos a los explotados en el norte de Africa, impulsando la escasa fabricación de superfosfatos, basada hoy en la importación de fosfatos extranjeros. Esta explotación, como la de sales potásicas, debe ser realizada por el Estado.

Es urgentísimo que el Estado desarrolle en la cuenca catalana de sales potásicas, no sólo el plan de investigación elaborado, sino la explotación subsiguiente, y extender aquélla a otras cuencas de la Península, para librar a la Agricultura nacional del monopolio extranjero que la oprime.

Requiere también solución inmediata el magno problema del alumgramiento de aguas subterráneas. Puede resolverse llevando a cabo el proyecto formulado para ejecutar los sondeos necesarios en la zona de Levante de España, desde Castellón hasta Almería, en la depresión del Ebro, en las cuencas del Tajo, Duero y Guadalquivir y en la meseta de la Mancha. Deben también fomentarse en gran escala los alumbramientos por particulares y sindicatos, ayudando y subvencionando sus trabajos.

Ofrece un señaladísimo interés la investigación profunda de la cuenca hullera de Ciudad Real, para la que puede admitirse la cooperación ofrecida por los mineros actuales, y el reconocimiento en profundidad de las cuencas lignitíferas de Teruel.

Deben, finalmente, ser reconocidas por sondeos la presunta zona petrolífera de Burgos y las impregnaciones bituminosas de Soria y Castellón y algunas otras.

Desarrollado, amplia y eficazmente, este vasto plan, España podría ocupar dignamente un puesto entre las primeras naciones productoras.

ORGANIZACION

La realización del programa expuesto compete esencialmente al Cuerpo de Ingenieros de Minas; pero su ejecución práctica no ha de ser fácil con nuestra actual organización burocrática, compleja y premiosa, ni cabe dentro de nuestra actual distribución de funciones. Se impone, pues, previamente, una reorganización de servicios dotados del personal y material necesarios. Debe ser más activa y más real la intervención del Ingeniero del Estado en las explotaciones particulares, principalmente en las realizadas por extranjeros. En éstas, todo el personal

técnico y administrativo debe estar compuesto exclusivamente de españoles, como se hace en Noruega, puesto que una riqueza española explotan. La Dirección de Minas por Ingenieros debe ser efectiva y no nominal, como en muchos casos ocurre. Las Jefaturas de distritos mineros deben estar dotadas para realizar una misión de investigación y reconocimiento, hoy apenas esbozada.

Debe ser formado un catastro minero exacto y rectificado anualmente. Debe darse gran importancia a la formación de estadísticas completas y comparadas con las de otras naciones.

Debe ser modificada la constitución del Instituto Geológico de España, ampliándolo y dotándolo con arreglo a sus nuevas necesidades; construyendo el edificio que necesita, y almacenes y talleres para el material de sondeos; creando un laboratorio geofísico para el estudio de rocas y materiales de construcción, y llevando a él un personal exclusivamente competente y apto.

Debe ser modificada la enseñanza en nuestra Escuela Especial, dando mayor importancia al estudio de las ciencias químicas industriales y procedimientos modernos metalúrgicos, con trabajos de aplicación. Debe llevarse a ella un Profesorado de especialidades eminentes, seleccionado por oposición, a cada cátedra.

Debe formarse personal especializado, enviando Ingenieros al Extranjero a estudiar detenidamente los adelantos industriales. Deben crearse agregaciones técnicas a nuestras Embajadas en las principales naciones productoras, como tienen en Madrid Inglaterra, Italia y los Estados Unidos, entre otras.

Hay necesidad de fundar laboratorios industriales de investigación y un gran Centro de Experimentaciones mineralúrgicas y metalúrgicas en gran escala, donde se ensayen procedimientos nuevos y adecuados a nuestras circunstancias locales.

Para estos servicios especiales, geológicos, químicos y metalúrgicos, sería preferible no aumentar exageradamente nuestras escalas, sino llevar a ellos Ingenieros agregados que fueran renovándose y aplicando después, en la esfera de la industria particular, los conocimientos especiales adquiridos.

Estas estimamos que son las bases fundamentales sobre las que conviene estudiar el plan de detalle para nuestra reconstitución minera y metalúrgica; y creemos que, para obtener de él los resultados que se esperan, ha de realizarse íntegra y rápidamente, dotándolo de los créditos globales necesarios, y no envolviéndolo en las redes leguyescas de nuestra petrificada Administración, sino dando al organismo encargado de aplicarlo una autonomía tal, que le permita seguir el criterio resolu-

tivo y rápido que constituye el carácter de la activa gerencia de las sociedades anónimas."

El Sr. BALZOLA dice que, a su juicio, la producción siderúrgica española es suficiente para cubrir las necesidades; pero que, no obstante, está conforme con lo propuesto en la ponencia.

Le contestan los Sres. COLL y RODRIGO, que estiman aquella producción exigua para España.

El Sr. LARRAGAN afirma que debe modificarse el sistema actual de concesiones, pero sin adoptar el propuesto, sino uno intermedio.

Le contesta el Sr. RODRIGO aclarando este punto.

El Sr. ESCOSURA dice que es urgente anular el actual sistema.

El Sr. GULLON hace algunas salvedades, y estima que las minas deben también concederse a extranjeros.

El Sr. GAMIR pregunta si lo propuesto debe tener efecto retroactivo, y hace varias observaciones.

El Sr. RODRIGO contesta a ambos aclarando conceptos.

El Sr. RUBIO (D. Juan) propone que para anular las concesiones antiguas sea necesaria la expropiación.

Intervienen los señores antes citados en el debate, y se acuerda por todos aprobar la ponencia por unanimidad y remitirla a la Sección 12.ª tal como ha sido presentada.

El Sr. PRESIDENTE dice que no habiendo llegado a un acuerdo la Ponencia nombrada el día 18 para modificar las conclusiones del trabajo de D. Enrique Gil, va a dar lectura a las redactadas por la Mesa, siendo aprobadas en la forma siguiente:

"1.ª Que se recomiende por el ministerio de Fomento a las Jefaturas de los distritos mineros que, en los estudios de criaderos minerales que reglamentariamente están obligados a hacer, se atienda principalmente a aquellas regiones inactivas que por su aislamiento no sean fácilmente accesibles a la iniciativa privada; debiendo consignar en sus informes el probable valor industrial de los yacimientos que en ellos se encuentran, las causas que se opongan a su explotación y los medios para vencerlas.

"2.ª Análoga recomendación debe hacerse al Instituto Geológico para los estudios que con este objeto le estén encomendados.

"3.ª Cuando la iniciativa privada pretenda hacer investigaciones en estas zonas de difícil acceso, deberá el Estado protegerlas con subvenciones adecuadas, una vez que se justifique la importancia de los yacimientos mediante Memoria y proyecto de reconocimientos, que ha de ser firmada por un Ingeniero de Minas e informada por el Consejo de Minería y el Instituto Geológico, reservándose el Estado una participación en los beneficios, en armonía con la cuantía de la subvención.

"4.ª El Estado procurará también estimular la construcción de ferrocarriles mineros en todas aquellas zonas en que se justifique la necesidad de ellos para el desarrollo del laboreo, incluyendo su construcción en los planes generales y con los mismos beneficios y garantías propuestas para los secundarios y estratégicos.

"5.ª Deberá reformarse la ley de Expropiación forzosa, facilitando las ocupaciones temporales para las investigaciones de estas zonas, abreviando además los trámites necesarios para conseguir las autorizaciones necesarias del ramo de Guerra, de los servicios forestales e hidrológicos y, en general, de cuantos dependan de la Administración del Estado."

El Ingeniero de Minas Sr. HEREZA (D. Juan) da lectura a la siguiente Memoria:

"SOBRE LA NECESIDAD DE APROVECHAR LAS FUENTES NATURALES DE ENERGIA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INSTALACION DE NUEVAS INDUSTRIAS Y, MAS ESPECIALMENTE, DE LAS ELECTROQUIMICAS Y ELECTROMETALURGICAS

Por D. Juan Hereza y Ortuno, *Ingeniero de Minas.*

Señores Ingenieros:

No es posible soñar en el establecimiento de nuevas industrias en España si no procedemos sabia y ordenadamente con las fuentes de energía existentes, y no aplicamos además nuestra actividad al aprovechamiento metódico y razonado de las que hoy permanecen inactivas.

No nos vamos a ocupar aquí de la utilización de la energía solar, ni de las fuerzas del viento y mareas, que, aun cuando pueden figurar en primera línea en el catálogo de las grandes fuentes naturales, su aprovechamiento está íntimamente ligado con hondos y complicados problemas, en cuya resolución está muy lejos de haberse dicho todavía la última palabra. Nosotros vamos a descender a cosas más prácticas y de más inmediata realización; bien entendido que, en este orden de ideas, tenemos un amplio campo donde desarrollar debidamente nuestras energías. Me refiero al descubrimiento de nuevas cuencas carboníferas; al aprovechamiento de toda suerte de saltos de agua y a la explotación de yacimientos de turba con vistas a la producción *in situ* de energía gratuita. Estos tres puntos capitales, en los cuales reside, en gran parte, el porvenir industrial de España, ofrecen una cierta gradación desde el punto de vista económico, y así, el carbón es, de esas tres fuentes, la que suministra la energía a mayor precio, por cuya

razón puede y debe ser desplazado por los otros tipos de energía en todas aquellas industrias donde sea realizable la substitución: debe quedar reducido, y ya es bastante, a su empleo como combustible y reactivo en industrias metalúrgicas; seguirá empleándose también como fuente de energía térmica en aquellos casos en que es insubstituíble, como sucede, por ejemplo, en la navegación. Pero, fuera de estos casos, es lo cierto que sería de gran conveniencia para el mejor orden, en la utilización de estas energías, operar la substitución en todos los demás en que es ello posible, con lo cual aludimos de pasada a la gran conveniencia que tendría, desde el punto de vista industrial, la rápida electrificación de los ferrocarriles. Mas el carbón, con todas estas restricciones, seguirá representando una notable fracción del coeficiente que se tome para medir el desarrollo industrial de un país; y siendo ello así, los Ingenieros todos, sin distinción de especialidades, estamos igualmente interesados en que se acometa el estudio de este problema hasta su completa y satisfactoria resolución. La solución de este problema podemos clasificarla de apremiante, por cuanto la Guerra Europea nos ha puesto de manifiesto, de un modo que no deja lugar a dudas, la íntima relación que existe entre los yacimientos carboníferos y la independencia nacional. Si a esto se agrega las grandes probabilidades de éxito que nos ofrece la contextura geológica de nuestra península, se comprenderá que no debe haber ninguna vacilación en acometer decididamente la empresa de buscar nuevas cuencas.

Tan convencido está de todo esto el Ingeniero que suscribe, que en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1917 publicó en la *Revista Minera* una serie de artículos tratando sobre el descubrimiento de nuevas cuencas carboníferas. No voy a hacer aquí una síntesis de aquel trabajo, porque ello sería fatigar vuestra atención, y porque, además, sería someter a vuestra consideración argumentos de cuya importancia estáis de sobra convencidos; pero sí debo decir, por si estos casos llegan a personas ajenas a nuestra técnica, pero que pueden influir en la marcha de los destinos nacionales, que mucha debe ser la importancia de este problema cuando naciones como Inglaterra, Alemania y Francia, más importantes que nuestra nación desde el punto de vista de los yacimientos hulleros, se afanan por buscar nuevas cuencas y emplean, con éxito satisfactorio, su actividad y su dinero en sondeos que conducen al descubrimiento de nuevas riquezas; y de esta suerte, Inglaterra, en Dover, y Francia, en Romchamp, Pont-à-Moussou y Mions, han encontrado en estos últimos años importantes y notables cuencas carboníferas.

Si pues los países que tienen carbón en abundancia buscan todavía

más, ¿a cuánto estaremos obligados los que lo tenemos en tan pequeñas proporciones?

Hay en los confines de las provincias de Ciudad Real, Albacete y Jaén un manchón triásico de notable extensión, el cual no ha sido afectado tectónicamente por los pliegues himalayalpinos, toda vez que sus estratos se conservan sensiblemente horizontales. Pues bien: las pocas veces que en el curso de mi vida he tenido ocasión de pasar por esa y otras regiones parecidas, en todas ellas ha atormentado mi imaginación la misma duda, y en todas ellas me he preguntado:

¿Qué cubrirán allá, en el fondo de la formación, estos notables manchones triásicos? ¿Serán, durante muchos siglos todavía, manto insondable que pregone nuestra indolencia y nuestra apatía, o podré yo quizá, en el curso de muy pocos años, ver cómo se resuelve el enigma merced a la feliz iniciativa de un Gobierno que, penetrado del alcance de estos problemas, se interese por su resolución, que vale tanto como interesarse por el bienestar y prosperidad nacionales?

Como estas preguntas, me he formulado yo muchas en orden a este y otros problemas que se relacionan con la Minería; y todos los días, con fe y esperanza, aguardo impaciente una resolución que fije y fortalezca en mi espíritu, con la fuerza de la realidad, las ideas que tantas veces flotaron en él con el fugaz estremecimiento de una ilusión tentadora.

Y aquí dejo este punto importante, que me llevaría a más amplios e interesantes desarrollos, porque con lo dicho creo que basta para dar una idea cabal de su importancia.

Entro, pues, a exponer algo acerca de los otros dos interesantes puntos que antes hemos considerado, y que son: aprovechamiento de desniveles hidráulicos a saltos de agua y utilización de depósitos de turba.

Poco he de decir acerca de los saltos de agua, porque la necesidad de su utilización se impone con tan apremiante exigencia, que esta idea reside en la mente de las personas no técnicas; más aún: es cosa de dominio popular desde muy remotos tiempos. Porque ¿en qué río, por modesto que sea su caudal, no hay algún molino con su adecuado artefacto para el aprovechamiento de un pequeño salto?

El estudio y catalogación de estas riquezas naturales es cosa que se debe acometer sin demora, porque su utilización inmediata está muy estrechamente unida, como después veremos, a la implantación de un gran número de industrias que, de otra suerte, no tendrían fácil y rápido desenvolvimiento.

El aprovechamiento de las turberas es cosa que requiere alguna explicación; pues la novedad de las aplicaciones de la turba hace que hoy

se estime esto en Francia, Italia, Alemania e Inglaterra como un problema al cual dedican atención preferente las naciones mencionadas.

En efecto: está hoy fuera de toda duda que un turbal es una fuente de energía gratuita en el sentido que vamos a señalar.

La turba debidamente gasificada en gasógenos especiales (Mond, Winterthur, Leomis, Koerting, etcétera), con recuperación de subproductos, de una cantidad de sulfato amónico y alquitranes que basta para amortizar las instalaciones y para sostener la explotación, quedando como subproductos gratuitos los gases que se utilizan generalmente en motores de explosión.

En todos los países de Europa donde se da la turba en abundancia, existen grandes centrales eléctricas sobre la base de estos aprovechamientos. La turba puede ser empleada directamente como combustible; pero, en este caso, se perderían los subproductos; se puede emplear, y se emplea, como abono, por las notables proporciones de nitrógeno y ácido húmico que contiene; pero, en este caso, se pierde su valor térmico. Lo más racional es proceder a la utilización, que podemos llamar integral, que es la más generalmente extendida en Alemania, Rusia, Italia, etcétera, y consiste, como su nombre lo indica, en proceder a la gasificación con recuperación de subproductos. La gasificación puede ser seca, con obtención de cok, o puede efectuarse con insuflación de aire y vapor de agua para obtener gas mixto a base de óxido de carbono e hidrógeno, que se suman a los gases policarburados contenidos en el combustible. Como subproductos principales, se recogen aguas amoniacales, aceites ligeros y pesados, parafina, asfalto, creosota y gases.

De las aguas amoniacales se fija el amoníaco, y se pueden obtener, si se ha hecho la gasificación en un gasógeno Mond, hasta cerca de 40 Kg. de sulfato amónico por cada unidad de nitrógeno contenida en la turba. En Rusia y Alemania hay centrales eléctricas hasta de 12.000 Kw., y en Italia, país pobre en combustibles, se aprovechan muy bien las turberas con centrales eléctricas hasta de 2.000 Kw. Como hemos manifestado, la turba puede emplearse como abono, ya directamente aprovechando el nitrógeno y ácido húmico, o ya utilizando las cenizas ricas en potasa y ácido fosfórico; esto último es lo más conveniente, por ser perfectamente compatible dentro del aprovechamiento integral. Por su gran poder de absorción, se emplea en los establos como lecho para las caballerías; y de este modo fija las materias fertilizantes contenidas en las deyecciones; por último, en estos últimos años se está empleando con éxito en la industria textil para la confección de paños de abrigo por su mala conductibilidad calorífica.

Con lo dicho basta para comprender que la utilización de turberas, como la de saltos de agua, es un problema de singular importan-

cia que se debe estudiar con cuidado para catalogar también la riqueza existente y promover su utilización mediante ciertas condiciones y garantías.

Realizado, no más que en parte, el programa que tratamos de esbozar, todo lo demás, o sea el establecimiento de aquellas industrias que exigen y demandan energía a precios reducidos, vendría automáticamente a establecerse, puesto que el solo dique que hoy encuentra es el de la energía a precios elevados, que, no ya dificulta, sino que imposibilita, el que tales industrias logren establecerse. Algunos ejemplos, al par que aclararán las ideas precedentes, darán una ligera sensación acerca de lo que podía ser nuestro rápido y necesario desenvolvimiento industrial.

Industrias electroquímicas y electrometalúrgicas.—Hoy que, con motivo de la guerra, cuyos resultados estamos tocando todavía, tanto impulso tomaron las industrias siderúrgicas, el empleo del horno eléctrico, ya de electrodos o ya de inducción, se ha hecho usual y corriente en los países que han necesitado de este impulso para su abastecimiento en materiales bélicos, y todo ello ha sido tan importante y se ha llevado a la práctica con tal intensidad, que el día en que, serenados completamente los ánimos, se ordene y se catalogue lo hecho en este sentido, no será de admirar que, como resultado de estos estudios, quede el horno eléctrico como órgano superior a los antiguamente empleados para la producción de fundiciones y aceros especiales, no sólo porque esos materiales puedan producirse en estos hornos con la misma y aun mayor rapidez y pureza, sino también por la mayor movilidad de que son susceptibles los hornos eléctricos con relación a los empleados hasta aquí. La movilidad del mecanismo, juntamente con la mayor movilidad de la energía obtenida por los medios que preconizamos, harán fácil, en tiempos futuros, la explotación y beneficio *in situ* de yacimientos metalíferos que hoy se encuentran en notoria situación de inferioridad con relación a otros más importantes y privilegiados. Esa economía en la obtención de fuerza y esa facilidad para su transporte colocará a los criaderos metalíferos en un cierto nivel de igualdad que no se ve hoy con los procedimientos actualmente en práctica, pero que se vislumbra como una realidad posible y hasta cierto punto próxima.

Si de la Electrosiderurgia pasamos a la Electrometalurgia por vía húmeda, bastará considerar, para fijarnos en un solo ejemplo, lo que sucede en España con el cobre electrolítico, y es: que siendo nuestra nación la primera productora de cobre en Europa, se ve obligada a consumir cobre electrolítico para aplicaciones eléctricas, por valor de muchos millones de pesetas al cabo del año. Pues bien: todo esto pide

o, mejor dicho, exige una fuente de energía gratuita mediante la cual puedan establecerse grandes refinerías electrolíticas que sean siquiera copia reducida de las grandes instalaciones norteamericanas.

Otras industrias imposibles de establecer, en casos determinados, sin grandes fuentes de energía, son todas aquellas que se basan en la molienda de materias duras. Todos vosotros sabéis que muchas especies mineralógicas se difunden en pequeñas cantidades en cierta clase de rocas. Tal sucede, por ejemplo, con la casiterita en determinados granitos, y con los sulfuros metálicos en toda suerte de rocas hipogénicas; a veces, estas impregnaciones constituyen cantidades no despreciables, como lo serían todas las que pasaran del 1 por 100 para las casiteritas o del 4 al 5 por 100 para los sulfuros metálicos.

Estas cantidades que acabo de citar serían notoriamente irrisorias para ser beneficiadas por los procedimientos actualmente en práctica; pero con una molienda barata seguida de los modernos procedimientos de concentración por flotación serían práctica y fructíferamente beneficiables.

En el mismo caso se encuentran las grandes impregnaciones de carbonatos de cobre contenidas en algunas pizarras paleoxoicas, las cuales no encuentran una utilización adecuada si no precede una molienda. Por último, las fábricas de superfosfatos, cemento, etcétera, se prodigarían más y obtendrían mejores rendimientos con energía a poco costo.

Y ¿a qué seguir? Sería molestar sobradamente vuestra atención, y sería prodigar inconsideradamente una multitud de ejemplos cuya importancia está en el ánimo de todos vosotros. Por eso es hora de concretar en soluciones prácticas todo cuanto venimos exponiendo, y que, a juicio del Ingeniero que suscribe, como al vuestro seguramente, debe figurar en todo programa que se ocupe de nuestra reconstitución. Por ello, como *conclusiones* al presente escrito, que no me atrevo a clasificar como Memoria, establezco las que siguen a continuación:

1.ª El Estado debe ante todo proceder a la catalogación de las fuentes de riqueza nombrando Comisiones técnicas que deberán, en un plazo relativamente breve, formar el catálogo de la riqueza probable.

2.ª Teniendo en cuenta el riesgo que supone la investigación de nuevas cuencas carboníferas, debe el Estado efectuar por sí sondeos con el expresado objeto, o, al menos, estimular a las grandes Empresas nacionales, mediante la garantía de un interés mínimo al capital invertido, y previa la presentación de un proyecto razonado autorizado por tres Ingenieros de Minas.

3.ª Tratándose de saltos de agua, la función del Estado debe limi-

tarse a la ya dicha de la catalogación; pues para su explotación pueden acogerse los que la solicitaren a los beneficios de la ley de 2 de marzo de 1917 sobre protección a las industrias nacionales.

4.ª En lo que se refiere a la explotación de turberas, es este un asunto nuevo en España, en el cual, por consiguiente, no están educados nuestros capitalistas. Urge, pues, su catalogación, la inclusión de sus yacimientos en el grupo de combustibles a los efectos de la clasificación de substancias minerales, y extender a los mismos los beneficios que se otorgan a las hulleras en la mencionada ley de 2 de marzo de 1917.

Estos son, en términos generales, los auxilios que el Estado puede y debe prestar; y ahora que tanto se habla de nuestra reconstitución nacional y de Presupuestos orientados en ese sentido, se ofrece una ocasión propicia para tener en cuenta en los mismos algo de lo mucho que seguramente saldrá de este Congreso. Nuestra misión en estos momentos puede ser decisiva para el futuro desenvolvimiento económico e industrial de nuestra patria, y ahora, más que en otra ocasión alguna, debemos ejercer una vigilancia afectuosa cerca del Estado y cerca de los capitalistas, a fin de que las energías puestas en juego por uno y otros, lejos de malograrse, caminen derechamente por los senderos que conducen a la prosperidad, al engrandecimiento y a la gloria de ser útiles a la Humanidad.

Si con lo dicho por mí en el presente escrito se estimara por alguien que es bastante para aportar un solo grano de arena a la magna obra total, yo me daría por sobradamente recompensado, porque ese juicio sería para mí el mejor galardón con que podría enorgullecerme."

Las conclusiones del trabajo del Sr. Hereza son aprobadas.

Se lee el orden del día para la próxima sesión, y se levanta ésta a la una y media.

NOTA.—Como ampliación a esta sesión, dió una notable conferencia a las cinco de la tarde del mismo día, en el Ateneo, el Ingeniero de Minas D. Agustín Marín y Bertrán de Lis, disertando sobre el interesante tema "Intervención del Estado en el asunto de las sales potásicas de Cataluña". Tanto la Presidencia, que se había trasladado al Ateneo, como gran número de señores Congresistas, felicitaron calurosamente al Sr. Marín por su notable trabajo, acordándose por unanimidad que éste debía ser publicado; pues merece este honor, dada la importancia del asunto tratado y la competencia con que fué hecho. Dice así, en resumen:

"ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DE LA INTERVENCION DEL ESTADO EN EL ASUNTO DE LAS SALES POTASICAS DE CATALUÑA

Por D. Agustín Marín Bertrán de Lis, *Ingeniero de Minas.*

Empezó el conferenciante haciendo ver lo mucho que perjudica la Política al desarrollo, por parte del Estado, de los asuntos industriales, así como también la mayor diligencia que muestran siempre en el terreno práctico de los negocios las Sociedades extranjeras con relación a las españolas. Por ambas causas, las primeras denunciaron la mayor y mejor parte de la cuenca potásica de Cataluña, descubierta de un modo casual en el año 1913.

El Sr. Rubió y el conferenciante hicieron ver la importancia de la cuenca en dos trabajos publicados en marzo de 1914 y en junio de 1918, y llamaron la atención de la Superioridad para que tomara todas aquellas medidas conducentes a que el Estado español sacara el mayor beneficio posible de la riqueza descubierta.

Los sondeos realizados por la Sociedad Solvay y Compañía han reconocido la existencia de una cuenca de unos 10 kilómetros cuadrados, con una riqueza mínima evaluada por el conferenciante en 10 millones de óxido potásico anhidro, que representa una riqueza, a los precios anteriores a la guerra, de 3.790 millones de pesetas, y a los actuales, cuatro veces más. En Vilanova de Aguda, con sondeos realizados por la Sociedad Fodina, también se han encontrado sales potásicas.

Luego hizo ver las dificultades que representa la instalación de la industria potásica, que exige grandes desembolsos de capital y que tropieza con muchos inconvenientes en la práctica, como son: la mucha profundidad de los trabajos, la importancia de las aguas que circulan por encima de los depósitos potásicos, la mezcla íntima en el criadero de las sales potásicas con la sal común, la expulsión de las aguas salobres. Pero todas estas dificultades se salvan cuando la cuenca tiene yacimientos importantes, como ocurre en Cataluña.

Expuso a continuación algunos datos sobre la producción y consumo de las sales potásicas en España, haciendo ver cómo antes de la guerra todo el mercado de la potasa estaba en poder de Alemania, que ejercía un monopolio, por el cual se puede decir que la Agricultura del Mundo pagaba a la alemana los abonos potásicos. En España se empleó, en el año 1913, 38 kilogramos de óxido potásico anhidro por kilómetro cuadrado, y en Alemania, 1.350 kilogramos, y, por consiguiente, hizo ver la importancia que tendría para la Agricultura española el

tener en su propio suelo abonos baratos y en la medida y forma que se quiera.

Pero para conseguir esto es preciso la acción enérgica y el sacrificio pecuniaria del Estado. Gracias a los requerimientos de la Administración, se dictaron leyes y reglamentos, que tienen por objeto principal que la propiedad no quede sin explotar y garantizar a la Agricultura nacional el empleo de abonos baratos.

El conferenciante analizó la ley de Sales potásicas y los decretos sobre el particular, y considera que la acción del Estado debe ajustarse a las condiciones siguientes:

1.ª Obligar a los dueños de concesiones mineras de sales potásicas a trabajar sus minas, dando toda clase de facilidades y ayuda a los referidos dueños para que lleven a cabo sus investigaciones en el menor tiempo posible.

2.ª Efectuar el Estado sondeos por su cuenta, que, a la vez, sirvan de investigación a las otras entidades mineras, haciendo convenios, si es posible, para evitar sondeos que pudieran llevar el mismo fin que otros realizados.

3.ª Dictar disposiciones para que, cuando las minas se pongan en explotación, alcancen los productos obtenidos dedicados a la Agricultura nacional precios moderados.

4.ª Dictar disposiciones referentes a la policía minera de las concesiones de sales potásicas encaminadas a la conservación del criadero y a reglamentar las relaciones mutuas de los mineros colindantes o próximos.

El conferenciante hizo, por último, algunas observaciones sobre cada una de estas condiciones, y terminó su conferencia diciendo que es preciso que, en asunto de tanta importancia como el de las sales potásicas de Cataluña, la intervención del Estado sea enérgica, continua y ajena a toda cuestión política.”

ACTA DE LA SESION DEL DIA 24 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y media de la mañana.

El Ingeniero industrial Sr. CARRETERO (D. Luis) lee su comunicación que, en extracto, dice así:

ESTUDIO SOBRE "UN PROCEDIMIENTO OLVIDADO PARA LA OBTENCION DEL HIERRO QUE PUEDE SER INTERESANTE EN ESPAÑA"

Por D. Luis Carretero, *Ingeniero industrial.*

El gran número de yacimientos españoles de carbones de inferior calidad, hoy inexplotados, y los muchos de hierros que tampoco se utilizan, nos ha hecho pensar en el modo de aplicar los unos al beneficio de los otros. Una revista a los procedimientos propuestos para la obtención directa del hierro nos ha hecho concebir la esperanza de la posibilidad de esta pretensión.

Intentos para la obtención directa del hierro.—Son numerosísimos, antiguos y modernos. Unos, como Siemens, pretenden hacer la reducción mezclando mineral con carbón y calentando. La aplicación de los gases pobres, del agua o mixto la hacen Gurlt, Roger, Blair, Siemens, Adams, Henry Anwil, Jones, Mills, etcétera. Con presión fuerte usan los gases pobres Bulls, William Arthur, Thieblemont, Schoenberger, etcétera. Los hornos altos eléctricos sólo significan la substitución por la electricidad del carbón para fundir, pero no para reducir.

Límites de nuestro trabajo.—Vamos a concretarnos a estudiar la obtención de hierros y aceros aplicando los gases de combustión incompleta de los carbones naturales; es decir, a aplicar el óxido de carbono que, en resumen, es el mismo agente que obra en los hornos altos.

Procedimiento de Gurlt.—Entre todos los ensayados hasta hoy, vamos a tomar como tipo el sistema de Gurlt, que fué aplicado en España. En resumen, consiste este sistema en hacer pasar por la carga de mineral en un horno de cuba los gases procedentes de dos gasógenos

adosados y en trabajar la esponja que se obtiene como en las antiguas ferrerías.

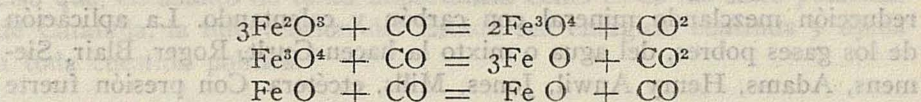
OTROS SISTEMAS.—Hemos de omitir sus descripciones; pero citaremos el de las retortas y los de Ireland, Dupuy, Ruthenburgh, Wassily Ivanoff, Projahn, Simmersbach, Fleischer, Marieu, Heskett-Moore, Hofer, etcétera.

FUNDAMENTOS DEL PROCEDIMIENTO.—Es la separación de operaciones. Se separan el caldeo previo, la reducción y la fusión, y se separa la combustión, apartando al combustible de la mena. En el horno alto eléctrico, se tiende también a la separación de funciones, substituyendo el caldeo por combustión, por la electricidad.

QUÍMICA DEL HORNO ALTO.—Como se sabe, se concreta a las reacciones entre el carbono, óxido de carbono, ácido carbónico, óxido ferroso, óxido férrico y esponja de hierro, regidas por las leyes de *estabilidad de equilibrio,* de *isodisociación* o de *isoequilibrio* y de *acción de masas.* A estas mismas hemos de recurrir para aplicarlas a la reducción por gases pobres.

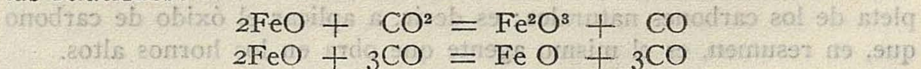
QUÍMICA DE LOS PROCEDIMIENTOS POR GAS REDUCTOR.—Las reacciones fundamentales son las que se verifican entre el óxido de carbono y los minerales de hierro; luego, las del ácido carbónico y la esponja de hierro, de tendencia contraria a la reducción, y las del óxido de carbono sobre el hierro incandescente originarias de la carburación de éste.

El óxido de carbono comienza a reducir al Fe^2O^3 a una temperatura de unos 250°; pero su acción no es enérgica hasta unos 400° ó 500° cuando el Fe^2O^3 se convierte en Fe^3O^4, o mediante una acción prolongada en Fe^6O^7. Las reacciones más generales del horno alto son, correlativamente:



$$3Fe^2O^3 + CO = 2Fe^3O^4 + CO^2$$
$$Fe^3O^4 + CO = 3Fe\,O + CO^2$$
$$Fe\,O + CO = Fe\,O + CO$$

El ácido carbónico, formado en la reducción de los óxidos de hierro, es un agente oxidante que puede dar lugar a un fenómeno inverso, si aumenta la temperatura o disminuye su proporción, de acuerdo con las relaciones:



$$2FeO + CO^2 = Fe^2O^3 + CO$$
$$2FeO + 3CO = Fe\,O + 3CO$$

Estas reacciones dependen de la temperatura y de las proporciones entre el óxido de carbono y ácido carbónico; es decir, de las tensiones parciales de estos gases. A una alta temperatura se precisa una gran

Fig. 1. Alzada.

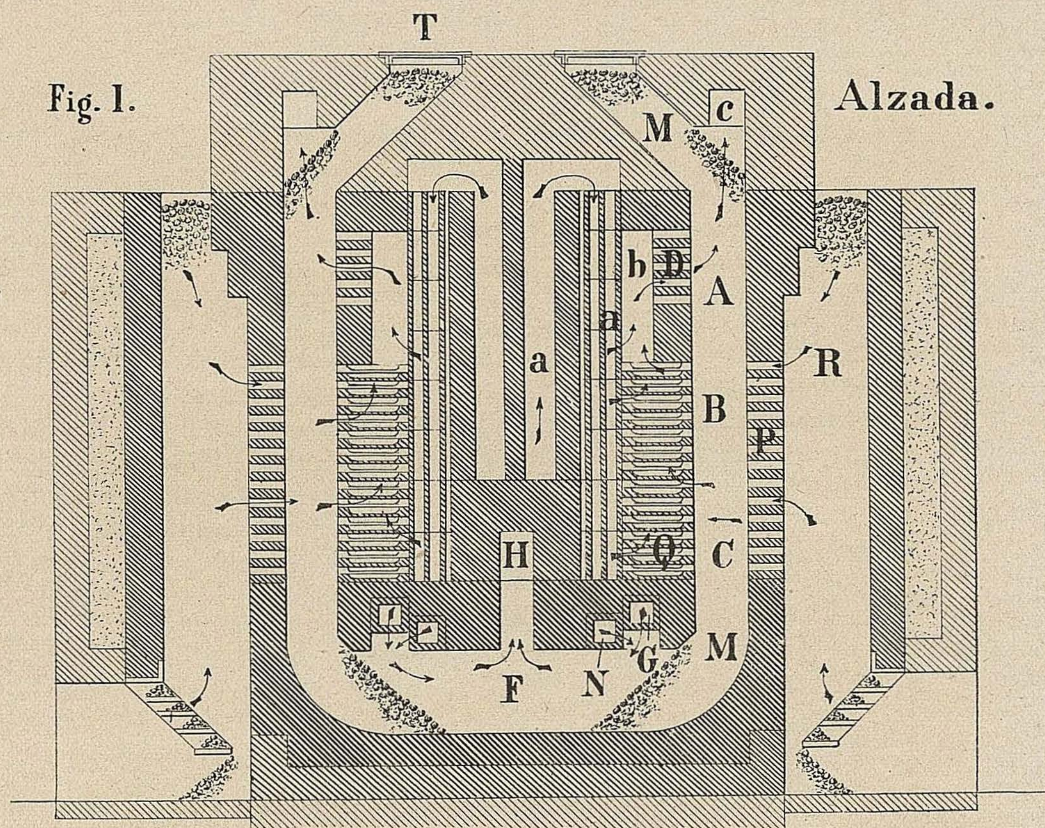
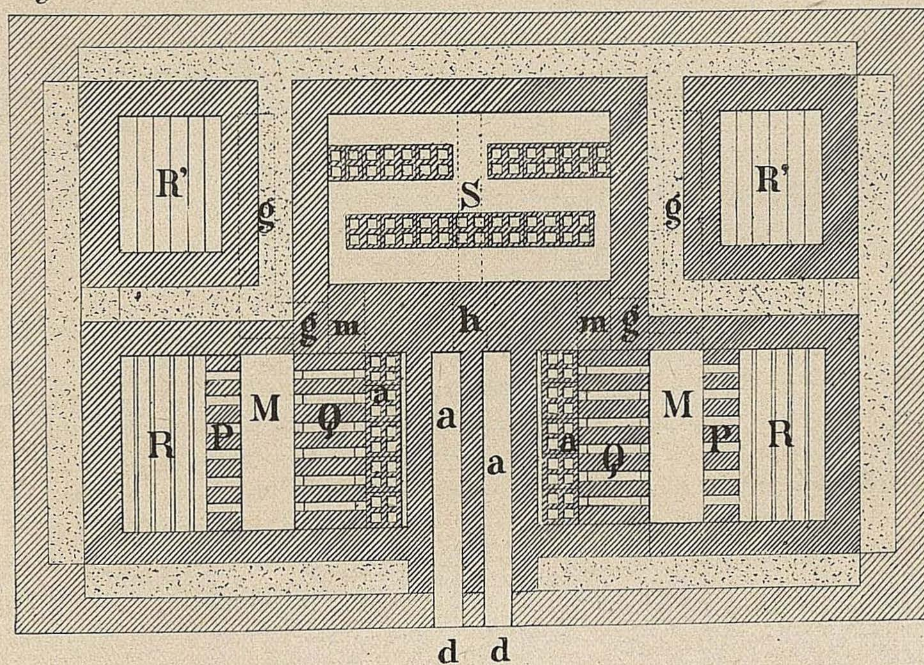
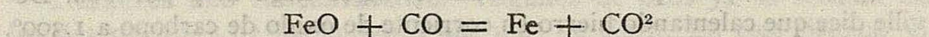


Fig. 2. Planta.



cantidad de óxido de carbono, para evitar la reoxidación. El óxido ferroso, según la reacción



$$FeO + CO = Fe + CO^2$$

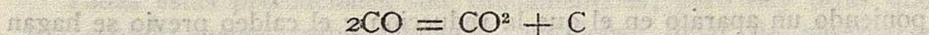
se reduce a hierro metálico, pero sólo hasta el momento en que se llega al equilibrio entre las proporciones de óxido de carbono presente y ácido carbónico producido. Cuando éste llega, tenemos dos cuerpos sólidos (hierro metálico y óxido) y dos cuerpos gaseosos (ácido carbónico y óxido de carbono). El equilibrio depende de la proporción en volumen de ambos gases y de la temperatura, desarrollándose según ellas las reacciones en uno u otro sentido: si el óxido de carbono excede a la proporción debida, habrá reducción, y si no llega a ella, habrá oxidación. Hay tablas experimentales muy conocidas que contienen la relación de ambos gases para cada temperatura.

Matemáticamente pueden determinarse las constantes de equilibrio por la ecuación de Le Chatelier:

$$500 \int L \frac{d \cdot T}{T^2} + (N_1 - N)l \cdot P + \frac{l c_1{}^n c_1{}'^{n'} \ldots}{c^n c'^{n'} \ldots} = \text{const.}$$

o por la relación aproximada, menos conocida, de Nernst, que dice: *"La disociación de los cuerpos gaseosos termina cuando la suma de los logaritmos de la presión ejercida por los productos de la descomposición alcanza el valor del logaritmo de la presión del cuerpo que queda todavía por descomponer aumentado en el valor de la constante K."*

Resumiendo datos experimentales, podemos decir que el ácido carbónico comienza a oxidar la esponja de hierro a unos 300°, dependiendo la reducción del tanto por ciento de ácido carbónico contenido, pero que la proporción crítica de este ácido carbónico varía con la temperatura de este modo: al calor blanco, un gas con el 10 por 100 de ácido carbónico ya no es reductor; al rojo fuerte, un gas con el 32 por 100 de ácido carbónico, ya no es reductor; y al rojo obscuro, un gas con el 60 por 100, ya no es reductor. Una mezcla de partes iguales de ácido y óxido sobre esponja al rojo blanco la oxida en ferroso; pero si actúa sobre férrico, le reduce a ferroso. La reducción del ferroso, que es el óxido más rebelde, conviene acabarla a 900°, pues más arriba las condiciones de equilibrio son muy desfavorables. El carbono para el acero, cuando no hay adición de carbón, se obtiene por la disociación:



$$2CO = CO^2 + C$$

que sólo se efectúa en presencia de catalizadores como el hierro, níquel, cobalto o manganeso. Tiene lugar mejor a bajas temperaturas, de 450° a 800°, en que se detiene, si el ácido llega al 7 por 100. Deville dice que calentando hierro en corriente de óxido de carbono a 1.300°, no se deposita carbono, pero el metal se convierte en acero. La acción del óxido de carbono sobre la esponja incandescente produce acero; pero necesita ciertas condiciones de tiempo y temperatura para penetración, favoreciéndola las altas y la persistencia en el caldeo.

VENTAJAS DEL PROCEDIMIENTO.—Gurlt concreta estas cuatro: 1.ª Poder emplearse todos los carbones que puedan gasificarse en gas pobre, del agua, o mixto.—2.ª Posibilidad de poder ahorrar el combustible equivalente al óxido de carbono residual de los hornos altos.—3.ª Quedar en las cenizas de los gasógenos substancias perjudiciales, como el azufre, el fósforo y el arsénico, contenidas en el combustible, y que en otros procedimientos se mezclan al producto.—4.ª Obtener a voluntad esponja de hierro o acero, por cuanto se dispone de la función reductora de los gases y de la provisión de carbono de carburación.

Nosotros, por nuestra parte, hemos de recordar que los recientes progresos logrados en la gasificación de los combustibles y desconocidos en la época en que Gurlt estableció su sistema, aumentan el interés y la posibilidad de aplicar con éxito estos carbones, hoy despreciados por la Industria, en la obtención del hierro por este método. En España, hay grandes cantidades de tales carbones que no tienen valor comercial en circunstancias ordinarias, y entre ellos los hay que no pueden estar mucho tiempo almacenados esperando el transporte. Todos estos carbones podrían utilizarse en beneficiar hierros de minas inmediatas, evitándose trasladar al carbón, ya que este transporte viene dificultado en muchos casos por causas diversas.

Hay otra circunstancia que da interés a estos procedimientos: el horno alto, como indica su nombre, requiere gran altura, y como las restantes dimensiones tienen que guardar con aquélla cierta relación, resulta que el horno alto ha de ser forzosamente aparato de gran capacidad y exige fabricaciones en gran escala. Los hornos que se requieren para el tratamiento por el gas pobre no tienen estas exigencias, y pueden adaptarse a todas escalas de producción; es decir, que su éxito supone el restablecimiento de la posibilidad práctica de trabajar en pequeña y mediana escala, representa la restauración de establecimientos metalúrgicos del tipo de las antiguas ferrerías y da el medio de que pequeños capitales puedan dedicarse en España a la producción siderúrgica. La combinación con la fusión por electricidad, disponiendo un aparato en el que la reducción y el caldeo previo se hagan

por gas pobre y la fusión final eléctricamente, constituirá una aplicación útil para ciertos saltos mal situados.

Defectos del procedimiento.—Algunos de ellos ya se señalan en las descripciones de los antiguos aparatos de Gurlt. En este sistema, el inconveniente mayor estriba en la poca seguridad de obtener la temperatura precisa; pues si el horno quedaba frío la reducción no tenía lugar, y si se calentaba demasiado, no descendían las cargas convenientemente, y, a la vez, disminuía la eficacia reductora de la mezcla de gases; es decir, de óxido de carbono y ácido carbónico, que decrece al aumentar la temperatura.

La esponja es pirofórica, si no se inicia un principio de fusión en su superficie; el ácido carbónico formado perjudica mucho con su presencia; no se hace bien la eliminación de los metaloides que no arden en atmósfera reductora; no se hace bien la penetración gaseosa cuando los minerales están muy apelmazados en la cuba; los sistemas propuestos en substitución, como los rotativos, resultan caros de instalación, manejo y conservación, así como son poco duraderos los materiales refractarios que hayan de sufrir caldeos alternativos, lo mismo que los hornos en que los minerales ejerzan fuertes y frecuentes rozamientos sobre las paredes refractarias.

Consideraciones sobre estos inconvenientes.—La mayor parte de ellos pueden desaparecer, ya que sólo existen por lo elemental e imperfecto de las instalaciones. En el sistema de Curlt, no hay ningún órgano que atienda a la conservación de una temperatura conveniente, ni para la reducción, ni para la inmunización de la esponja, quitándola sus propiedades pirofóricas; no hay una eliminación de ácido carbónico tan rápida como es necesaria; la atmósfera del horno es en todos sus puntos reductora; el calor en el horno de Curlt no puede llegar nunca al que por su temperatura poseen los gases que salen del gasógeno; pues no hay reacciones que provean de él.

Precauciones para el éxito de este sistema.—Hay cinco importantísimas: Asegurar que la mezcla tenga siempre una proporción de óxido de carbono superior a la que determina el equilibrio para cada lugar del horno en relación con su temperatura; desalojar rápidamente el ácido carbónico producido; asegurar la temperatura del laboratorio suministrando el calor necesario; prevenir el reblandecimiento superficial de la esponja de hierro formada para que pierda sus propiedades pirofóricas y no se reoxide al tocar al aire; preparar una zona en la que haya atmósfera oxidante, antes de la zona de reducción, para la eliminación de ciertos metaloides, como, por ejemplo, el azufre.

Todas estas precauciones son fundamentales; pero hay otras que, aun cuando menos transcendentales, no deben dejar de observarse,

como las siguientes: Evitar las grandes presiones de carga; huir de aparatos que hayan de sufrir alteraciones en el caldeo y enfriamiento; evitar los frotamientos entre las paredes refractarias y las cargas; evitar mecanismos complejos e instalaciones complicadas; establecer la continuidad de operaciones; separar las escorias, a ser posible, por fusión; colocar la zona de reducción del gasógeno (último paso de su corriente gaseosa) lo más inmediata posible a la zona de reducción del mineral; separar el tratamiento del gas, para la reducción, de la combustión del gas para caldeo del producto; establecer una aspiración para los gases de reducción y otra para los de caldeo, con el fin de regular independientemente ambas operaciones; hacer que la carga pase inmediata y sucesivamente de una operación a otra sin enfriamientos ni trasvases; aprovechar para el caldeo el gas excedente de las operaciones de reducción; aplicar el tiro mecánico para asegurar y regular las depresiones, y, finalmente, emplear recuperadores de calor para los gases salientes.

Observación.—Para lograr la obtención del acero, bastará con prevenir en el diseño del horno un espacio en la misma columna de la carga de mineral en el que, después de la reducción y caliente el material, haya aflujo de gases reductores para proveer el carbono. Con esta consideración puede, desde luego, proyectarse un horno para acero teniéndola presente; pero, si el aparato no estuviere construído al efecto, se lograría la obtención del acero sin más que detener la carga en presencia de los gases carburantes el tiempo necesario para la difusión del carbono en el seno de la masa metálica. Será preferible llegar al acero y no detenerse en el hierro porque así se facilita la operación de la fusión. Para el caso del hierro dulce, sería muy ventajoso hacer la fusión por electricidad convirtiendo el crisol o reverbero en horno eléctrico.

Modelo propuesto.—Todos estos considerandos nos han inducido a estudiar un sistema de horno en el que pudiera llevarse a cabo el tratamiento de los minerales de hierro por el gas pobre haciendo práctica la idea madre que inspiró el sistema de Curlt. A este fin, se dirige el modelo que hemos imaginado, y que damos a conocer al Congreso de Ingeniería según las adjuntas figuras 1 y 2.

Empleamos dos columnas descendentes de mineral, *M*, cerradas exteriormente por las tapaderas, *T*, y que van a descargar en el *crisol, reverbero* o *cámara de caldeo, o de fusión, F*, en la que se funde la la masa o se caldea la esponja, según los casos. Separado tan sólo por una pared de la columna descendente del mineral, está el gasógeno, *R*, que es de doble efecto, por cuanto que en él se quema el carbón de arriba abajo en la parte superior y de abajo a arriba en la parrilla.

Ambas combustiones se juntan en la altura media del gasógeno, donde está la salida de los gases producidos. Una serie de agujeros, *P*, abren paso a estos gases que atraviesan la carga descendente del mineral por la zona de reducción, *B*, saliendo por *Q*. En *Q* se representa una pila de placas de tierra refractaria formando rejal o enrejado y constituyendo la pared interior de la cuba. (Lo mismo podría formarse con tubos o con placas de tierra agujereadas puestas verticalmente.)

En *Q* se queman los gases que han atravesado la zona de reducción, *B*, para lo cual por *a* llega el aire necesario del exterior, saliendo por agujeros colocados en los tubos *a*. Con esto se conserva caliente la cuba en su zona de reducción. Los productos de la combustión en *Q* pasan por *b* y por los agujeros *D* a la zona oxidante *A* y se escapan por *c*. El espacio *C* que sigue a la zona de reducción será la zona de carburación, si se hace amplio para que la carga tarde en pasar por él, o si se detiene voluntariamente en él.

El mineral, ya reducido y carburado, si ha lugar a esto último, cae en el crisol o cámara de caldeo, que se calienta con los gases que llegan por *G* del gasógeno *R'* y que se queman con aire que llega por *N* del recuperador, *S*. Los productos de la combustión salen por H a dicho recuperador *S*. En el corte en planta no se ven los conductos que se marcan de puntos, y son: *g*, para el paso del gas de los gasógenos; *R'*, al crisol, y *m*, para paso del aire del recuperador al mismo crisol. Con la *d* se marca el orificio de entrada de aire para *a* y *Q*.

No marcamos en el plano la salida de gases después de pasar por el recuperador ni la entrada de aire en el mismo; pues los cortes dados no pasan por ellas, que están situadas en la parte superior, siendo éste un detalle sin importancia.

Resultandos.—Creemos posible con el adjunto sistema que hemos ideado, y de acuerdo con lo estudiado en esta Memoria, llegar a obtener hierro metálico o acero empleando combustibles de poco valor mediante la gasificación previa. Un felix éxito de este sistema supondría poder desde luego emplear provechosamente gran número de yacimientos de carbones de inferior calidad; significaría poner en inmediata explotación yacimientos de hierros lejanos de los puntos de fabricación o embarque y equivaldría a poner las empresas siderúrgicas al alcance de pequeños capitales.

CONCLUSIONES APROBADAS

Primera. Que es de sumo interés, para la más completa utilización de nuestra riqueza de carbones y minerales de hierro, estudiar el beneficio de éstos por los gases llamados pobres, y que importa sobremanera que, por el Gobierno o por las corporaciones interesadas en la cuestión, se proceda a realizar los ensayos y experiencias necesarios.

Segunda. Que se considera igualmente de interés para la Metalurgia, y especialmente para el beneficio de nuestra riqueza pirítica, el estudio de los demás procedimientos ensayados en algunos países para la obtención de la esponja de hierro."

Los congresistas Artilleros Sres. PLANELL y FERNÁNDEZ LADREDA observaron la utilidad de este procedimiento para obtener un hierro libre de cuerpos perjudiciales que sirviese de primera materia para la fabricación de aceros especiales.

El Sr. MADARIAGA (D. Cesáreo) hace ver que el estudio anterior tiene un gran interés para la reducción de las piritas, por la obtención de la esponja de hierro.

El Sr. COLL (D. Jaime), Ingeniero militar, diserta sobre el tema "Orientaciones para el fomento de la Siderurgia e industrias derivadas", que a continuación se publica:

"ORIENTACIONES PARA EL FOMENTO DE LA SIDERURGIA E INDUSTRIAS DERIVADAS

Por D. Jaime Coll y Soriano, *Comandante de Ingenieros.*

Sin apelar a ponderaciones—inútiles aquí—de su importancia, y recordando solamente que la Siderurgia es el nervio del sistema industrial de un país moderno, sabe muy bien el Congreso que no es posible levantar el soñado edificio de la reconstitución nacional sin que una Siderurgia fuerte nutra una de sus más firmes columnas: la prosperidad industrial de España.

Y es tanto más inexcusable y urgente fortalecer y ampliar nuestras industrias del hierro cuanto que, previsto el agotamiento, en un período de veinticinco a treinta años, de nuestras zonas mineras tradicionales no podríamos, económicamente, acometer el aprovechamiento de minerales más pobres o más impuros si en ese plazo, y sin per-

der momento para empezar la marcha, no ponemos a nuestra industria en adecuadas condiciones de lucha comercial.

Dos jalones de primer orden nos marcan el camino: *producción barata* y *clientela grande*.

El Estado y la gran Industria deben fijarlos por acción mancomunada, y la Ingeniería española ayudará con el levantado espíritu que sugirió la celebración de esta Asamblea, puesto que, además de influir en las disposiciones oficiales y en la gestión de las Empresas industriales, ha de intervenir, cada día más activamente, en las relaciones entre el Trabajo y el Capital.

Al desarrollar aquellos conceptos primordiales, iremos viendo la tarea que a cada cual corresponde. Para ello, contando con la benévola atención del Congreso, entraremos desde luego a examinarlos.

Producción barata.

No pudiendo sector industrial alguno sustraerse a ese imperativo que alcanza a cuantas actividades productoras se rigen por las leyes económicas, parecería ocioso ir más allá del simple enunciado si en el vital problema siderúrgico no nos conviniera concretar, como punto de partida, nuestra verdadera situación en el concierto universal.

Importa a tal fin recordar que hoy, a pesar de las trabas arancelarias, no forman cotos cerrados los mercados nacionales; que existe realmente un solo mercado universal, y que si un país pone obstáculos a la introducción de primeras materias, por ser las suyas más caras o peores, llegará en la escala de los transformados (si por otros conceptos no hay compensación suficiente) un punto más o menos próximo a los productos finales—los más trabajados y valiosos—, en el que tendría que subir la barrera de un modo inadmisible para el País y para la misma Liga, expresa o tácita, de las Naciones, o se vería arrollada por la extranjera su industria de mayores rendimientos.

Ciñéndonos a nuestro tema, resultaría concretamente que, si los países de producción más económica no podían introducir en España su carbón, su fundición bruta ni sus aceros moldeados o laminados, seguirían vendiéndonos, en forma de maquinaria variadísima, todas esas materias, a las que habrían incorporado una mano de obra, una suma de energías y unos rendimientos de todos órdenes que de derecho pertenecen a las clases productoras españolas. ¿Y de qué serviría a nuestra Siderurgia que un Arancel absurdo hiciera imposible a los extranjeros la concurrencia a nuestro mercado directo de lingote y de acero, si entre todos lo atrofiáramos en forma tal que, con la produc-

ción ordinaria de una o dos de nuestras varias factorías en marcha, en construcción y en proyecto, quedase completamente saturado?

Basta echar una rápida ojeada a los principales países siderúrgicos exportadores para ver que no son meramente teóricas las precedentes apreciaciones.

En los Estados Unidos se cotizaban en agosto, por tonelada:

Cok de fundición	Dólares.	5,50
Lingote de fundición bruta (moldería)	Idem.	26,75
Planchas de calderas	Idem.	53,00

En Inglaterra:

Cok de fundición	Chelines.	52 1/2 a 65
Lingote (moldería)	Libras.	8-4
Planchas de calderas	Idem.	21-10

Nos abstenemos de consignar cifras belgas, francesas y alemanas por encontrarse esos países en estado de reconstitución; pero dejaremos sentados como datos harto significativos que Bélgica comienza a colocar de nuevo sus transformados en los mercados vecinos, y que en Inglaterra se teme ya la competencia del hierro y acero de Lorena en el propio mercado.

Si, al mismo tiempo, en España, costaban, por tonelada:

Cok asturiano	Pesetas.	200
Lingotes de moldería	Pesetas, más el transporte.	560
Planchas de calderas	Pesetas.	900

y el flete de cabotaje, desde el Cantábrico a Mediodía y Levante, seguía invariable a 55 pesetas, mientras el de importación, desde Inglaterra a Barcelona, había llegado en una oscilación brusca a 42 chelines, ¿qué probabilidades tiene el constructor español de maquinaria de luchar en su propio mercado con firmas acreditadas que, por ser extranjeras, tienen ya medio ganada la lucha en el ánimo de muchas gentes, y que, además, pueden producir a mitad de precio?

Si el desnivel que indican las cifras apuntadas impide al transformador español de hierros producir la maquinaria que siempre hemos importado, sin otra protesta u otro remedio de unos y otros (todos somos culpables)—¡qué elocuentísimas lamentaciones puramente literarias!—, ¿a quién van a vender sus productos las fábricas siderúrgicas actuales y las de mayores vuelos proyectadas o en vías de ejecución en Sagunto y en el Bierzo, sin contar la que, por consideraciones estratégicas que no son de este lugar, trata el que suscribe de crear en Sevilla, puerto de casi media España y, sobre todo, puerto verdaderamente interior?

La contestación a esta pregunta, que hoy no puede ser satisfactoria, nos lleva nuevamente al punto de partida. Para que la Industria transformadora reconquiste en absoluto el mercado nacional, es indispensable que produzca barato o se la compensen las diferencias admisibles respecto a la similar extranjera; y ello, aparte de los perfeccionamientos y modernizaciones prácticamente exigibles en sus instalaciones y métodos, sólo puede conseguirlo con materias primas baratas o compensadas.

Reconquistado para siempre su mercado por la Siderurgia transformadora, no se limitará a ella sola el beneficio; porque, ampliado proporcionalmente el consumo de hierros, la primer favorecida será la Siderurgia productora y, en definitiva, pasando por el Capital y la masa obrera, quedará fortalecida la Economía nacional.

Para ver si es posible, en nuestras peculiares condiciones, abaratar los primeros productos de la Siderurgia, que son a su vez materias primas de la Industria transformadora, examinaremos los principales materiales que emplea, sus métodos de operación y sus condiciones de transportes.

Primeras materias.

Dejando para el final la hulla, y dando por sentado que todas las fábricas siderúrgicas españolas producen el cok que consumen, quedan como materias primas para el horno alto el mineral y la castina; para el horno de acero, el hierro viejo, ferromanganeso y ferrosilicio, y, para ambos, los materiales refractarios.

Respecto al mineral de hierro, no es España lo bastante fuerte para nacionalizar ahora sus mejores minas, hoy en manos extranjeras; no puede, pues, impedir que muy buenos minerales suyos vayan a fructificar a las fábricas británicas y continentales de allende el Pirineo, que hace años los compraron en bloque, gracias a nuestra imprevisión,

por un plato de lentejas; y en cuanto a las minas cuyos propietarios, extranjeros también, no son siderúrgicos, no se puede prohibir su explotación exportadora invocando la razón, pueril ante la ausencia de compradores nacionales, de que debiera beneficiarse en España. De todos modos, con lo que hoy se explota, tenemos suficiente mineral de hierro de buena clase para una producción de acero que en muchos años no habremos de alcanzar.

En conjunto no estamos mal; si este trabajo no estuviera destinado a la Asamblea de cuantos conocen el asunto a fondo, se detendría su autor a detallar que tampoco tenemos sobre otros países la superioridad que cree el vulgo, ignorante de que Inglaterra, nuestra primera consumidora, tiene más mineral que España; y de que Francia, que ya tenía mucho más el año 14, ha pasado a ocupar el primer lugar en Europa con la incorporación de la Lorena, sumando en bloque unas reservas de 8.000 millones de toneladas y una producción anual de 43, contra 800 y 10, respectivamente, en España; con la diferencia a favor de sus minerales, de que, si bien su ley metálica es próximamente 1/3 menor que en los nuestros, antes de la guerra costaba allí la "minette" de 2 a 3 francos, y aquí pagábamos los minerales corrientes a 15 y hasta a 20 pesetas.

De la castina no hay que preocuparse, por ser materia profusamente repartida junto a nuestros centros siderúrgicos.

En hierro viejo, nuestra principal desventaja es la enormidad de las tarifas de transporte; y si bien aquí escasea más que en los países donde tanta destrucción hubo estos últimos años, las necesidades del consumo son incomparablemente menores.

Los ferros pueden fabricarse y se fabrican ya en España al horno eléctrico. De ellos, el ferromanganeso, para ser de 80 por 100, quizá requiera la importación de manganesos extranjeros; pero en esto quedaríamos en condiciones análogas a las de las fábricas inglesas, siempre que compensásemos la baratura del cok allí con las ventajas del proceso termoeléctrico aquí.

La industria de materiales refractarios especiales va ganando terreno en España; en el momento actual se produce la buena calidad, pero mucho más cara que en las buenas fábricas belgas e inglesas. Como, además, para el *frittage* de dolomias y magnesitas tenemos desventaja grande en el precio del combustible, se derivan de aquí para nuestros siderúrgicos sobrecargas en construcción y reparación de hornos altos, estufas de aire caliente y hornos de acero, que repercuten en los precios de coste de la fundición y del acero, aunque no en tal cuantía que no quede previsto este concepto en una moderada protección arancelaria.

Pero de todas las materias primas, la que entraña una inferioridad abrumadora en las condiciones técnicas y económicas del trabajo de nuestros hornos altos, es *la hulla.*

Vaya por delante nuestra afirmación, sincera y rotunda, de que, *en términos generales,* somos partidarios decididos de que el País se independice en lo posible de la producción exterior, sea hullera, agrícola, textil, siderúrgica, química o de cualquier otro orden. No está de más semejante declaración, porque a los fanáticos—que en España no faltan, aunque no concurran a esta Asamblea—les parecerá una enormidad lo que vamos a exponer.

No negamos que entre las hullas nacionales se pueden encontrar, después de cuidadosa selección, varios tipos que admitan comparaciones como las que el ilustre Adaro publicó respecto a las de Cardiff, clase Almirantazgo. Posible es que pueda reunirse cantidad suficiente en calidad adecuada para que las fábricas de gas se surtan exclusivamente en el mercado nacional. Pero lo imposible de encontrar hoy en España es la cantidad de hulla de cok propiamente dicha que nuestra Siderurgia actual requiere.

Nada significa y nada demuestra que, durante los últimos años, nuestros hornos altos hayan marchado con cok producido exclusivamente con carbón nacional; téngase presente que entonces no había competencia, y que si el consumo por tonelada de lingote era enorme y la marcha de los hornos lenta y desastrosa, en los precios que el mercado pagaba sin remisión estaba compensado con creces el disparate de reducir y fundir el hierro con cok cuyas cenizas excedían de 20 por 100. Así ha llegado a cotizarse a 625 pesetas la tonelada de fundición bruta que en Norteamérica, antes de la limitación de precios, no pasó de 50 dólares, y que en Inglaterra, con un subsidio de poco más de 30 chelines que el Estado abonaba a los siderúrgicos, no llegó a 5 libras esterlinas mientras rigió la tasa.

Pero roto el aislamiento que la guerra impuso, y restablecido el intercambio universal, no puede sostenerse otro desnivel que el constituído conjuntamente por unos fletes en baja continua y un Arancel que no puede subirse arbitrariamente.

Urge, pues, eliminar o compensar las causas de desventaja del hierro español en su precio de coste; de ellas, la principal, es la hulla de cok, por su precio y por su calidad.

Dejando a un lado la cuenca de Villablino, acaso insuficiente para reducir los 200 millones de toneladas de mineral del coto Wagner, y que, por lo tanto, tiene indicado como cliente exclusivo la Compañía Siderúrgica de Ponferrada o del Bierzo; no contando con las Minas de la Reunión, propiedad de M.-Z.-A., que consume toda la producción

en sus locomotoras y talleres; ni con Peñarroya, que destila sus escasas hullas propiamente de cok para vender éste en el mercado; ni con Barruelo, propiedad del Norte; ni con Figaredo, que coquiza su producción, como hacen con parte de la suya las hulleras de Sabero, apenas queda a la vista otra hulla que decididamente se pueda clasificar entre las de cok que la de Turón, aunque otras muchas coquicen como coquizan las hullas de gas, sin que en buenos principios económicos pueda compartirse el error de quienes, olvidando que el producto principal y más valioso integralmente es el cok, creen que, siendo más alto el tanto por ciento de materias volátiles, lo que se pierda en cok se ganará en subproductos; aparte de que, siendo muy elevada ya la proporción de cenizas en la hulla, resultará tanto más incrementada en el cok cuanto mayor sea la resta gaseosa de la destilación.

Con la hulla de Turón y algunas otras explotadas en pequeñas cantidades, apenas llegamos a rebasar 300.000 toneladas anuales; y como las Siderurgias montañesa y vizcaína necesitarían, de esa clase, muy cerca de 600.000, y la que en Sagunto se está montando llegaría a requerir 300.000 para 200.000 de lingote, y algo habrá que contar para Málaga o Sevilla y otros centros, resulta que, dejando consumir a las fábricas asturianas sus carbones propios con sus inconvenientes, aun tendremos dos desventajas respecto a la Siderurgia extranjera:

1.ª La derivada de emplear en parte para la coquización hulla nacional con 10 por 100 de humedad—que se paga y se transporta al precio del carbón—, 12 por 100 en adelante de cenizas y un rendimiento muy escaso en cok cuando las materias volátiles se acercan a 30 por 100, como ocurre en las fábricas asturianas (excepto las que, añadiendo hullas antracitosas, tocan con el grave inconveniente de disminuir el poder aglutinante de la mezcla); al paso que en Middlesbrough, por ejemplo, los "coking coals" empleados tienen solamente 1 a 2 por 100 de humedad higroscópica, y rara vez exceden las cenizas de 8 por 100, o las materias volátiles de 25 por 100.

2.ª El sobreprecio que en la hulla inglesa importada suponen el flete y el Arancel—hoy en suspenso—, más el recargo que el Gobierno inglés impone indirectamente a la exportación al fijar para ella precios mínimos, pagados, no al cambio corriente, sino a la par intrínseca de la libra esterlina.

Nuestra inferioridad se acentuaría considerablemente si, en vez de las hullas inglesas de los condados de Northumberland y Durham, tomásemos como término de comparación las norteamericanas de los distritos de Pocahontas y Connelsville; hullas de cok propiamente dichas, con mayor rendimiento y menor proporción de cenizas que aquéllas y

cotizándose hoy a 2,85 dólares la tonelada; es decir, a la quinta parte del precio de nuestros mejores menudos lavados.

Visto lo que antecede, y como no es de esperar que de la noche a la mañana se realice el milagro de que cambie la naturaleza del carbón nacional, desaparezcan las dislocaciones que hacen tan difícil y costosa la explotación en nuestras formaciones hulleras y se pueda lanzar en bruto al mercado lo que hoy, después de lavado, encierra todavía tantas impurezas, forzoso será arbitrar un medio de compensar la desventaja, a fin de que nuestros hornos altos queden—en el mercado nacional cuando menos—en iguales condiciones de lucha que los extranjeros en lo que al carbón se refiere. Ese medio que, a nuestro entender, no puede ser otro que una justificada y aquilatada defensa arancelaria, se definirá así:

Suponiendo que coquicemos exclusivamente hullas inglesas (o alemanas o norteamericanas; elegimos aquéllas con la mira de concretar), el consumo sería con ellas de 1.350 Kg. solamente por tonelada de lingote; tendrían, pues, nuestros siderúrgicos, respecto a los ingleses, la desventaja de 1,35 veces el flete del carbón, 1,35 veces el arancel que se fije para esa clase de hulla y 1,35 veces el recargo, mientras el Gobierno inglés lo imponga a la exportación; en cambio, tendría nuestro lingote una ventaja cifrada en el valor del transporte del inglés a España.

La diferencia entre ambas partidas deberá ser estrictamente el margen arancelario para que la fundición inglesa no invada el mercado nacional. Si acaso, podrá tomarse también en cuenta el sobreprecio debido a los materiales refractarios que, englobando hornos de cok, horno alto y estufas, no pasaría probablemente de una peseta por tonelada de lingote.

Parece que, razonando así, defendemos la importación de hulla extranjera, con la inoportunidad de hacerlo precisamente cuando para vender la producción de nuestras minas se apela a todos los recursos imaginables (excepto a bajar el precio y mejorar la calidad). No es tal nuestro propósito; pero no nos duele confesar que esa facilidad de importación no la consideramos como un mal, *siempre que no alcance más allá de la hulla para cok,* que creemos haber demostrado no tener en España en cantidad ni en calidad adecuadas. Precisamente nos estamos continuamente lamentando de que salgan del País otras primetras materias para transformarse en el suelo extraño; y nos lamentamos, por saber que esa transformación crea riqueza, produce salarios y aumenta la tributación. Si nuestras aspiraciones son lógicas, debiéramos, recíprocamente, celebrar que las materias primas que aquí no tenemos vinieran de fuera en su estado más rudimentario para crear

riqueza, producir salarios y aumentar la tributación en el País. Fomentando la entrada de buenas hullas extranjeras para la fabricación del cok metalúrgico, cesarían los fundidores de importar cok inglés, porque se lo suministrarían de igual calidad quienes les venden el lingote, después de haber retirado todos los productos de la destilación, que quedarían aquí, como quedarían los salarios de ella derivados y la consiguiente tributación.

Insistimos en este punto porque recordamos con dolor que la Junta de Iniciativas imponía como condición inexcusable, para proteger a la industria siderúrgica, el aumento progresivo de la hulla nacional consumida, hasta llegar a su empleo exclusivo en los hornos altos; y esto, que a primera vista es muy efectista y simpático, resulta inadmisible una vez sabido a conciencia lo que nuestra producción hullera nos puede brindar para esa aplicación determinada, y sabido también que, en parte, por no depender de una sola zona proveedora y de un solo medio de transporte y, en parte, por estar interesadas en explotaciones hulleras las Empresas siderúrgicas, todo cuanto carbón nacional simplemente aceptable se ofrezca en el mercado será instantáneamente absorbido, aun cuando a igualdad estricta de precio en fábrica y hasta a precio notablemente inferior, resulte (por humedad, cenizas, etcétera, de la hulla; mayor consumo de cok por tonelada de lingote; lentitud consiguiente en la marcha del horno, y reducción de la producción diaria), resulte, en definitiva, más caro su empleo que el de las buenas hullas de importación, como lo saben prácticamente quienes conducen hornos altos con unos y otros combustibles, y como quedamos a disposición del Congreso para aquilatar matemáticamente si la discusión del tema lo hiciera necesario.

Al pasar del lingote de fundición bruta al acero laminado, lleva el siderúrgico español, como un pecado original, la carestía de aquél; pero no puede ya decirse que el País carezca de materias primas adecuadas para la transformación. Si se realizan a conciencia cuantos aprovechamientos y recuperaciones son ya del dominio de la práctica industrial en los hornos de cok y en el alto horno, una fábrica de hierro y acero modernizada no necesitará quemar una sola tonelada de carbón en calderas o gasógenos para producir la fuerza motora de sus instalaciones todas; y día llegará en que pueda substituir en los hornos de acero, y de recalentar, el combustible sólido inicial por los gases sobrantes de las operaciones primarias. Mientras a esto se llega, la hulla requerida por los gasógenos del proceso Martin-Siemens y por los hornos de recalentar, puede suministrarla de calidad conveniente la producción nacional; y si en su precio, una vez estabilizado, hay desventaja respecto a la Siderurgia extranjera, puede tenerse en cuenta, así como la rela-

tiva al lingote y al material refractario, al fijar el Arancel, inspirándose en las normas antes expuestas, para que, en lo que a primeras materias atañe, al siderúrgico español le cueste su acero lo mismo que al extranjero al suyo puesto en España.

El mismo espíritu debe informar la confección del protector de la Industria transformadora, si bien teniendo al mismo tiempo presentes otros aspectos que más adelante examinaremos.

Esa orientación que propugnamos para la graduación de la barrera arancelaria bien merece algún comentario; pues no ignoramos que muchos miembros ilustres de esta Asamblea eran, antes de la guerra, convencidos librecambistas. Permítannos ofrecerles un testimonio de lo que sobre el particular se piensa hoy en la librecambista Inglaterra.

A fines de agosto anunciaba el "Board of Trade" que, al reunirse el Parlamento en Otoño, se presentarían leyes:

a) Para la protección de artículos fabricados en Gran Bretaña e Irlanda contra el "dumping", tomando medidas para impedir la venta de artículos similares extranjeros por bajo de su precio en el país de origen.

b) Facultando al "Board of Trade" para contener la irrupción de importaciones (de Alemania, por ejemplo) que pudiera derivarse de una depreciación del cambio monetario, tan desproporcionada a los costes de la producción indígena.

c) Para proceder con las *industrias claves inestables* en la forma siguiente:

Catalogar un número limitado de industrias claves inestables, prohibiendo la importación de productos similares, salvo licencia especial.

Con lo traducido basta para afirmarnos más en lo que ya sabíamos: que los últimos cinco años imponen una revisión de conceptos económicos. Pero aunque esa experiencia no mediara, es innegable que las discrepancias doctrinales del georgismo significan muy poco cuando el ideal que a todos nos reúne es la prosperidad económica de España. Y preguntamos:

¿Es posible lograrla sin una Industria fuerte que nos libre de la importación de artículos cuyas materias primas, en su mayor parte, abundan en nuestro suelo? Decididamente, NO.

¿Queremos poner a la Siderurgia, industria matriz de todas, en condiciones de soportar la concurrencia extranjera?

Flotando en el ánimo de todos la respuesta afirmativa, sólo queda por examinar cuál es la solución menos onerosa para el consumidor, que no puede resignarse tranquilamente a que un Arancel convencional eleve arbitrariamente el precio de venta de los artículos que imprescindiblemente necesita adquirir.

La arbitrariedad radica en las tarifas "ad valorem", y desaparece cuando el legislador se toma la molestia de calcular, teniéndolo todo en cuenta, qué diferencia de precio podrá haber, en el mercado nacional, entre un producto extranjero y el mismo producto fabricado en España con materias primas análogas, disponibles unas e importadas otras, y por los procedimientos más económicos que, en cada caso, se pueden exigir al industrial a quien la protección favorezca.

Esa diferencia, que en gran número de casos puede calcularse con suficiente exactitud práctica, dará la cifra de protección necesaria para que la Industria nacional correspondiente pueda vivir; no rebasándola, se habrá fijado el estricto mínimum, y nadie podrá quejarse de que un exceso de beneficio en un sector de la actividad industrial encarece indebidamente los artículos que el país entero consume.

Inmediatamente se ocurre que, dada la actual inestabilidad de precios y de fletes, lo que hoy, siguiendo las normas apuntadas, se hiciera con la mayor exactitud, sería seguramente erróneo al poco tiempo. Pero, aparte de que deben aplicarse escalas móviles en todos los casos, no se olvide que este Congreso aspira a poner los cimientos de una nueva España, y que, ante la magnitud de la empresa, no cabe esperar que las conclusiones que aquí se voten vayan todas inmediatamente a la *Gaceta*. A pocos meses que medien entre la propuesta y la ejecución, nos habremos acercado tanto a la estabilidad de precios, transportes y salarios que, probablemente, se podrá calcular todo sin temor a grandes variaciones ulteriores.

Lo que, en verdad, apenas se concibe es que en un período de transición como el actual se practique una revisión arancelaria y se estudien tipos de percepción para cinco años que tantos misterios encierran; pues si en el Arancel que ahora se está elaborando, y que quizá esté ultimado ya al leerse estas cuartillas, se fijan los tipos "ad valorem", una de dos:

o quien lo estudie tiene un maravilloso don profético para adivinar los precios de materias, productos y servicios en el próximo quinquenio,

o tiene que basarse en precios que serán ilusorios (los anteriores a la guerra), o excesivos (los del último trienio), o arbitrarios (los que resultasen de buscar promedios de cifras pretéritas).

Y como una protección insuficiente es perfectamente inútil, y, cuando es exagerada, ahoga al País y, a la larga, depaupera a la misma industria protegida, haciendo que vivan espléndidamente una o dos Empresas donde pudieran y debieran vivir — simplemente vivir — diez o veinte con producción total mucho mayor, nos permitimos encarecer al

Congreso que, al llegar a las conclusiones, examine detenidamente este punto, cardinal a nuestro juicio, para orientar acertadamente nuestra reconstitución industrial.

Métodos de operación.

Aunque, una vez establecido, en cuanto a primeras materias, un equilibrio tal que, virtualmente, el siderúrgico español quede en su país en iguales condiciones que el siderúrgico importador, parece que en los demás factores de la producción han de esperarse los perfeccionamientos de la iniciativa particular, del espíritu de empresa y de la competencia de sus Ingenieros y Administradores—a quienes este Congreso está estimulando desde el momento feliz de su concepción—, aun le queda al Estado en la esfera de este epígrafe una función indeclinable, para la cual tiene ya órgano adecuado en la Comisión Protectora de la Producción nacional. Precisamente, al realizar esa función tal como nosotros la concebimos, se desvirtuarían las protestas y recelos de los industriales existentes, que consideran injusto se otorguen a los nuevos ciertos privilegios y auxilios de que ellos no disfrutan, estableciéndose así, al parecer, dos castas en distintas condiciones de lucha comercial.

Nos explicaremos, refiriéndonos concretamente a la fabricación solidaria de cok y fundición bruta:

Si aquélla ha de hacerse en forma rudimentaria, el Estado no tiene por qué garantizar interés, o hacer préstamos, o renunciar al cobro de tributos, o conceder cualquiera otro de los privilegios que la ley de Auxilios establece. Pero supongamos que se constituye una Empresa de altos hornos, y en su programa figuran todos los aprovechamientos, no sólo en la destilación de la hulla, empleo de sus gases y los de horno alto en la forma más productiva, transformación de escorias en cemento y ladrillos..., recuperaciones todas practicadas ya en mayor o menor escala por varias de nuestras fábricas, sino que llega a las mayores economías en la calefacción de los hornos de cok y en la del aire inyectado al horno alto; que recupera la potasa y, cuando ello valga la pena, el mineral, contenidos en los polvos de gases de tragante, que aprovecha todos los calores perdidos—que no son pocos—, y que emplea en todo el más perfeccionado maquinismo... ¿pueden, con fundamento serio, las actuales industrias siderúrgicas oponerse a que el Estado, o sea la comunidad que consume y paga, invierta su dinero en fomentar una empresa más perfecta que ellas, nacida en condiciones de abaratar el precio de coste? ¿No alcanzan los beneficios de la Ley

a esas mismas industrias existentes si necesitan numerario para modernizar sus instrumentos de trabajo?

Lo único que podrá exigirse, no ya por la Siderurgia actual, sino, con harto más derecho, por el País, que paga el auxilio, es que éste no se otorgue en uno u otro caso sin aquilatar concienzudamente si en la instalación o la mejora que se proyecta y para la que se pide la aplicación de la ley protectora, se adoptan los métodos comprobados como conducentes a la mayor economía en la producción.

Esa apreciación, ese juicio comparativo, bien arduo por cierto, es labor que, en su aspecto técnico, debe estar encomendada a la Ingeniería española, y para ello es indispensable darla en la Comisión Protectora de la Producción nacional una intervención, y en la preparación de los informes un cometido, mucho más intensos de los que hasta ahora ha tenido. Nada más lógico que así como, para fijar el capital, cuyo interés habrá de garantizar el Estado en los ferrocarriles secundarios y estratégicos, es preciso presentar y someter a dictamen los proyectos correspondientes, la Comisión Protectora no se conforme, para someter una resolución al ministerio de Hacienda, con una mera exposición de lo que proyecta producir cada solicitante, y exija, si no un proyecto, por lo menos un programa completo, con avance de presupuesto, que sirva de base al informe técnico que conceptuamos imprescindible, y constituya un verdadero pliego de condiciones a cumplir, so pena de perder el derecho al subsidio.

Cierto que esto, a primera vista, parece una nueva traba burocrática; ¿pero es que sólo porque una Empresa diga que va a producir acero al tungsteno, por ejemplo, va el País a garantizar el 5 por 100 al capital que tenga a bien emplear, sin que alguien, con capacidad acreditada, estudie, en nombre de ese país que lo sufraga, si el capital nombrado es proporcional al intento y si los métodos proyectados conducen o no a un precio de coste disparatado? A nuestro juicio, esa es una de las funciones más difíciles y, a la par, más fecundas que incumben a la Ingeniería española para encauzar nuestra reconstitución; y como el nervio de ella en el sector industrial es el hierro, no hemos vacilado en alargar nuestra exposición para puntualizar aquella función; pues aunque la ley de Auxilios faculta a la Comisión Protectora para utilizar los conocimientos de todos los funcionarios de la Administración pública, nosotros somos un tanto escépticos en cuanto al acierto práctico de las capacidades que todo lo dominan, y nos parece preferible que esa función la desempeñe un Comité facultativo permanente, sin otro cometido adicional que la análoga labor afirmativa en la Junta de Aranceles, y con adecuada consignación y autonomía, para que la mayor parte de sus juicios los fundamente en su conocimiento

directo de la Industria de ambos mundos, más que en la lectura asidua de eruditos volúmenes; y no es esto precisamente lo que prevé el Reglamento de la Comisión Protectora; pues en él parecen rehuirse cuidadosamente toda clase de gastos de personal. No es hora de timideces; y si presumimos que alguien, gobernante o gobernado, al proponerse la creación de un organismo necesario y fecundo, rastrea la mirada hacia mezquindades de plantillas, ¡tengamos el valor de traducirle en su propio rostro el hermoso lema de la Jarretera, e insistamos con más energía en la demanda!

Por lo demás, fuera de aquellos casos en que al Estado se le pida algo, no tiene motivo para intervenir en los métodos de operación de la Siderurgia; pues si la protección general se limita a las materias primas, ya se cuidarán los industriales de transformarlas con la máxima economía ante la amenaza de la invasión extranjera de su mercado; invasión muy justificada si nos empeñamos en trabajar peor o más caro que los competidores. Las instalaciones para modernizar sus procedimientos pueden hoy realizarlas nuestras Empresas siderúrgicas con las reservas allegadas en los pasados años de vacas gordas; y cuando así no fuera, ya hemos dicho que ahí está la ley de Auxilios a la Industria para subvenir a las ampliaciones necesarias.

Por la íntima relación que guarda con el aspecto que estamos tratando, digamos, antes de pasar a otro asunto, dos palabras respecto a la cultura industrial de obreros y patronos, especialmente de los que transforman el hierro.

La verdad es que, hasta ahora, en España ha sido industrial cualquiera; y cuando, por su desconocimiento absoluto de los métodos racionales de compra, producción y venta, ha visto que el negocio no era tan brillante como se lo había o se lo habían pintado al comenzar, no se le ha ocurrido mejor solución, en muchos casos, que buscar obreros baratos. En tales condiciones, el obrero no se ha cuidado, en general, gran cosa de aprender su oficio a conciencia; ni, por su parte, el Estado o la clase patronal le han dado escuelas y facilidades para ello; pues de las oficiales de industrias no son obreros los que salen. La resultante era lógica: el patrono, negándose a pagar cara una labor de poco rendimiento; el obrero, provocando conflictos para la elevación de su salario y llegando—que es lo más sensible—a declarar guerra sin cuartel al trabajo a destajo, el más de acuerdo con la concepción moral, justa y científica del salario.

Estos errores urge rectificarlos. Al patrono no es el jornal barato, sino la producción económica, lo que en definitiva le interesa; dote al operario de elementos y conocimientos adecuados, rodéele de condiciones que le permitan aumentar su rendimiento sin aumento de esfuer-

zo, aunque fijando, sí, más su atención en el trabajo y pague satisfecho el salario resultante, aun cuando sea doble del que hoy abona, y, sobre todo, empiece por completar él mismo sus conocimientos; pues, sin ir más lejos, es bochornoso que quien refunde el lingote no sepa, en la mayoría de los casos, la influencia del silicio o el manganeso, ni conozca más azufre que el de las pajuelas, o más fósforo que el de las cajas de cerillas.

Por otra parte, el obrero español, que oye hablar de los fabulosos jornales que ganan sus compañeros de ultramar—donde, dicho sea de paso, la vida es incomparablemente más cara—, aprenda y no olvide que allí se trabaja a la pieza, forma la más concreta del trabajo a destajo, que aquí pretende desterrar, cuando, con él, una vez fijo el jornal mínimo, lejos de perjudicarse a nadie, salen favorecidos obreros, patronos y consumidores.

La tarea de hacer comprender a la clase patronal sus verdaderos intereses en puntos tan capitales corresponde a la Ingeniería, que debe inmediatamente invitar a los siderúrgicos a tarifar y vender el lingote según análisis y no según fractura, como se viene haciendo; y consagrarse con ahinco en su dirección de talleres y en sus condiciones de recepción de material metálico a desterrar rutinas dispendiosas.

¿Y quién mejor que esta brillante colectividad, más distanciada realmente del capital que del trabajo, puede ponerse al habla con la Unión General de Trabajadores, y, sin pretender dirigirla, tratar de encauzar algunas de sus aspiraciones, como la citada, en la única dirección que los españoles todos debemos seguir sin distinción de clases: en la de la prosperidad nacional?

Transportes.

No está en nuestro ánimo hacer un estudio comparativo de las tarifas ferroviarias europeas y americanas; eso nos llevaría muy lejos, porque también tendríamos que comparar las cargas y los gastos de establecimiento, conservación y explotación de unas y otras redes. Pero no nos abstendremos de lamentar la poca atención que, en general, se presta al hecho de tener bastante más eficacia una tarifa protectora en aquellas mercancías que, como el carbón, el mineral y el hierro, se cifran en toneladas, que en artículos que, como las harinas, una vez panificadas, se venden, cuando más, por kilos; una rebaja de 10 pesetas en las primeras representa siempre 10 pesetas en la unidad de transacción y de *consumo;* la misma bonificación en las segundas conduciría a desgravar un céntimo el kilo hipotético de pan, si ese céntimo no se quedara en las zarzas del camino, antes de llegar al consumidor. Y, sin embargo, una petición de rebaja en las primeras apenas suele en-

contrar eco, mientras que, cuando se trata de las segundas, Prensa, Cámaras de Comercio y lo que hemos dado en llamar fuerzas vivas, coinciden en la campaña, siendo lo peor que los Gobiernos les escuchan y tratan de obligar a las Empresas de ferrocarriles a rebajas que nunca llegan al verdadero público.

En cambio, una vez graduada racionalmente la protección arancelaria para las industrias siderúrgica y transformadora, las Compañías ferroviarias no dudarían que, siendo ellas sus principales clientes, serían también las principalmente bonificadas con las tarifas reducidas para las primeras materias y los semiproductos, o, dicho en otros términos que no envuelvan paradojas, gran parte de lo que cobrarían de menos por aplicar tarifas bajas se lo encontrarían de economía al adquirir su material metálico.

Realmente, en ningún país productor de acero y maquinaria llegan con mucho a las nuestras las tarifas de transporte que aquí tienen que pagar por las primeras materias respectivas los siderúrgicos y los transformadores; a eso es debida, en parte no pequeña, la acumulación de sobreprecios, que, para una Empresa ferroviaria, es ya muy sensible en el valor de los carriles, se acentúa en el de la tonelada de puente construído y culmina en el coste de las locomotoras.

Mas con no ser de importancia grande el transporte ferroviario, lo más oneroso de nuestra circulación estriba, para la industria siderúrgica, en los tipos de flete de cabotaje, absurdamente desproporcionados a los que rigen para la contratación universal. De éstos, el flete desde Cardiff a Barcelona llegó a rebasar 450 chelines el año 18; entonces se fijó de Real orden un tipo invariable de 55 pesetas desde Asturias a cualquier puerto de Mediodía y Levante; hoy se está cotizando 50 chelines Cardiff-Barcelona y 40 chelines Cardiff-Huelva, y nuestro tipo sigue invariable. Es de suponer que, andando el tiempo y, desde luego, con todos los retrasos posibles, se modifique algo ese tipo; pero, mientras tanto, el consumidor de transformados de hierro demora sus encargos por no estar dispuesto a pagar, además del hierro, caro ya en fábrica del Cantábrico, el gravamen que para los productos finales supone en casi toda España un transporte de cok, de lingote y de acero a 55 pesetas tonelada; el resultado es una notable contracción del consumo, que, además de poner en peligro la vida de los talleres transformadores, ha determinado la parada de varios de nuestros hornos altos. ¡Y esto ocurre cuando unos y otros debieran estar preparándose para la lucha más ruda que la Industria conocerá! Es urgente, por tanto, que el Estado, que puede reglamentar esas tarifas, puesto que es quien autoriza el cabotaje, acuda rápidamente a ponerlas de

acuerdo con la realidad presente, sin perjuicio de estudiar con más calma las especiales que, para hierros y carbones, sean más adecuadas al desarrollo de nuestra Siderurgia productora y transformadora.

Horno eléctrico.

Antes de terminar el epígrafe "Producción barata", debemos apuntar dos palabras relativas a la Electrosiderurgia.

No es posible prever exactamente a qué nivel de equilibrio quedarán las cotizaciones de la hulla, una vez disipada la incertidumbre de estos días, tan revueltos por muchos conceptos. Si ese nivel resultara ser muy alto, no habría la menor duda en la ventaja económica de reducir el mineral al horno eléctrico con energía barata, sea hidráulica, sea producida por combustibles inferiores, así como afinar la fundición por el mismo procedimiento, para la obtención, no ya de aceros finos y especiales, sino francamente para la fabricación del acero corriente de construcciones.

Conviene, pues, estar preparados, tanto por esa razón, cuanto porque, de repetirse un bloqueo como el que acabamos de sufrir, o de confirmarse los pesimismos de quienes vaticinan el fin de la exportación de hulla que Inglaterra realizaba y las dificultades de que Norteamérica y Alemania la substituyan en esa función, tendremos que arbitrar recursos para sostener, con solos nuestros medios, una producción siderúrgica creciente.

Dos caminos podrían seguirse para fomentar la producción de lingote y acero al horno eléctrico:

1.º La prima directa de producción, a semejanza de lo que con magníficos resultados hizo el Canadá, gastando en ellas, con tipos decrecientes hasta naturalizar el procedimiento, cerca de 12 millones de dólares en poco más de un decenio. Así se estimularían, indudablemente, las iniciativas privadas, y acabarían de realizarse algunas ya planeadas, en Zaragoza, por ejemplo.

2.º La instalación, por el Estado, de una factoría en Sevilla, donde, a más de abundar el mineral de hierro y vislumbrarse, gracias a geniales proyectos, un precio verdaderamente bajo para la energía hidroeléctrica, se da el caso de que, existiendo fábricas de cañones y otro material de guerra, los primeros productos son elaborados en Trubia; difícil sería, dentro de la Península, ir a buscarlos más lejos. Dicha instalación tendría el carácter de ensayo oficial, y desligada de todo interés de empresa, allí podrían recogerse datos y compararse resultados por cuantos quisieran emprender el primer camino.

CLIENTELA GRANDE

Para conseguirla, es preciso atender conjuntamente a estos tres conceptos cardinales:

1.° Estimular el consumo de hierro.

2.° Eliminar, hasta el límite de lo posible, la concurrencia extranjera.

3.° Fomentar la exportación.

1.°—Estímulo del consumo de hierro.

Aquí, la acción tutelar del Estado puede ser decisiva, ejerciéndose en múltiples direcciones, que muy someramente vamos a enumerar, y que deben ser todas previstas en ese gran Presupuesto de reconstitución, tantas veces anunciado.

El plan general de obras públicas, con todos los puentes y obras metálicas consiguientes en carreteras, puertos y riegos; la higienización de poblaciones en abastecimiento y evacuación de aguas, con su demanda de tuberías y elaborados de hierro, que debe suministrar precisamente la Industria nacional; la solución, inaplazable, del problema bochornoso, en casi toda España, de las casas baratas para obreros y empleados, con el consumo de hierro y acero que su construcción requiere; el fomento de la construcción naval, los grandes aprovechamientos hidráulicos y la previsora fabricación de toda clase de material de guerra, sumarían, durante muchos años, un respetable número de miles de toneladas que aumentar al medio millón escaso que nuestra Siderurgia actual produce. Pero los mayores incrementos habría de darlos, por un lado, la realización del plan de ferrocarriles, y, por otro, las fabricaciones nuevas que, con un buen sistema de crédito industrial, acometería la Industria transformadora.

Aplazando el hablar de esta última para cuando veamos el modo de combatir la concurrencia extranjera, anotaremos que, *grosso modo,* la importancia que los ferrocarriles tienen como clientes de la Siderurgia puede traducirse así:

El equipo en material fijo y móvil se cifra aproximadamente en 100 toneladas de hierro y acero por kilómetro en explotación.

El consumo para conservación, renovación y ampliación oscila del 10 al 15 por 100 de la cifra anterior; contaremos el 12,5 por 100.

Los 15.000 kilómetros a construir, en cinco años, por ejemplo, exigirán el empleo de 1.500.000 toneladas a razón de 300.000 anuales.

La conservación, etcétera, al partir del sexto año, representará cerca de 200.000.

No será, pues, aventurado predecir que, sumando a estas cifras las correspondientes a la clientela arriba enumerada como resultado de la realización del plan completo de reconstitución nacional, el medio millón anual que hoy produce nuestra Siderurgia podría acercarse mucho al millón.

Roto así el círculo vicioso de la producción cara por la pequeñez del consumo y el consumo pequeño porque el hierro es caro, podrían siderúrgicos y transformadores ampliar por sí mismos su mercado más allá de la esfera de la demanda oficial con sólo suprimir toda clase de gravámenes y sobreprecios injustificados de producción y distribución, que hoy no invitan, ciertamente, a la difusión en el empleo del hierro, y hacen de España el país civilizado donde menor es el consumo por habitante, y donde se dan casos como el reciente de un almacenista de hierro, que, teniendo que cubrir unas naves de almacén, después de pedir presupuestos de armaduras en cuyos hierros hubiera realizado su pingüe beneficio de intermediario, resolvió ejecutar la obra en madera. Júzguese lo que ocurrirá cuando el que sufrague la construcción sea igualmente ajeno al comercio de la madera que al del hierro.

2.º—Eliminación de la concurrencia extranjera.

No es suficiente para lograrla que en el País se fabrique cuanto del Extranjero ha venido hasta ahora; nadie dudará que un taller español que se dedicase a construir máquinas de fresar podría entregarlas al mercado tan buenas como las célebres Cincinnati; pero hay que tener en cuenta detalles esencialísimos que, olvidados, nos conducirían a un fracaso seguro en el terreno comercial.

No basta aquí ya una adecuada protección arancelaria, inspirada en los principios mismos que sosteníamos en las primeras páginas, es decir, basada en la nivelación virtual de precios de coste con iguales métodos de operación; pues aquí nos encontramos con que, por la exigüidad misma de nuestro mercado actual, es imposible igualar tales métodos en España con los que, en naciones de consumo incomparablemente mayor, se aplican a todas aquellas fabricaciones integradas por el hierro como materia de mayor peso; por lo menos, es imposible que nuestros transformadores de hierro los igualen con sus propios recursos, si se exceptúan dos o tres factorías relativamente grandes.

El mismo ejemplo de la fresadora nos puede servir para poner de relieve esa imposibilidad: Un taller, montado a la moderna, para fabricar en serie un tipo de fresadora excelente, produciría en tres meses una

cantidad de máquinas que el mercado nacional no absorbería en tres años, resultando, por un lado, que los otros treinta y tres meses, o estaría parado o tendría que dedicarse a otras fabricaciones similares, de venta igualmente diferida, renunciando así a la especialización, muy hermosa teóricamente, pero desastrosa en la práctica comercial mientras el consumo de hierro por habitante, que en los Estados Unidos pasa de 300 kilogramos, permanezca en España alrededor de 25; y por otro lado, antes de terminar el primer año, tendría invertidas en maquinaria sin vender todas sus disponibilidades, y no le quedarían recursos para seguir pagando jornales y materiales; pues nadie pretenderá que el capital circulante en un negocio industrial sea equivalente a la cifra de ventas que realice en un trienio.

Quienes conocen algo el mercado nacional saben que, para infinidad de productos que nos convendría nacionalizar, el cuadro bosquejado no está recargado ciertamente; y que, si bien tenemos ya en España una factoría de locomotoras, algunas de vagones y se planean otras pocas de productos de gran consumo, representa todavía un tonelaje mayor el hierro que en distintas formas entra como elemento principal en la inmensa variedad de elaborados a los que se pueden aplicar las consideraciones apuntadas.

La disminución de vuelos en las Empresas correspondientes y la variedad de fabricaciones en cada una de ellas, traerán consigo un sobreprecio en los productos finales, que habrá que agregar al debido a las materias primas y tener en cuenta al graduar la protección arancelaria. Pero el problema pavoroso de tener mucha producción en almacén y poco o ningún numerario en caja, sólo puede resolverlo un sistema razonable de crédito industrial, del que habremos de tratar aparte, por estar ligado a otros interesantes aspectos del asunto.

Uno de ellos, esencialísimo, es el aprovisionamiento de materias primas para la Industria de transformación. Si se acuerda que la Siderurgia productora está concentrada en una estrecha faja del litoral cantábrico—por hoy al menos—, se comprenderá que, en la mayoría de los casos, el taller transformador no puede esperar tres o más meses a recibir los materiales pedidos directamente a fábrica en pequeñas partidas, y tendrá que recurrir a surtirse de los almacenes locales, implicando la distancia y el intermediario un notable sobreprecio y otra razón de inferioridad respecto a la concurrencia extranjera; pues ya miremos a Francia, Alemania, Bélgica, Inglaterra o Norteamérica, puede asegurarse que cada taller transformador tiene cerca un proveedor siderúrgico, y, merced a tarifas reducidas de transporte, en muchos de esos países es casi el mismo en precio en horno alto que a pie de fábrica consumidora, mientras que en España, para toda la industria establecida

en el Centro, Mediodía y Levante, el lingote y el acero tienen en realidad un sobreprecio de casi 60 pesetas en tonelada por transporte marítimo o ferroviario. Esto habrá también de tenerse en cuenta al graduar la protección a la industria nacional; y en cuanto al gravamen que el intermedio del almacenista implica, si bien no podrá suprimirse totalmente—pues no es de esperar que un órgano indispensable de distribución trabaje y tenga en circulación su capital por puro altruismo—, podría, a nuestro juicio, atenuarse si, para los hierros de consumo más corriente, cada Sociedad Patronal negociase con la Central Siderúrgica, a fin de tener un depósito con las mismas bonificaciones de almacenista que ya disfrutan aisladamente, por su consumo relativamente grande, media docena de nuestros talleres más importantes. En todas esas Patronales hay una lucida representación de Ingenieros, y este Congreso podría invitarlos, así como a la Central Siderúrgica, a estudiar serenamente el asunto, con miras a que, abaratándose los productos finales, se fomente su consumo en el País y se resista mejor la competencia extranjera, practicada muchas veces al amparo de un "dumping" que merece párrafo aparte.

No sabemos si la Liga—expresa o secreta—de las Naciones se ocupará de prohibirlo para unos y otros; sospechamos que no; pues, como en la casi totalidad del Globo, las deudas de la guerra han ocasionado un desequilibrio que nadie encuentra otra manera de conjurar que forzando la producción, es seguro que todos los países productores procurarán la conquista de mercados ajenos, apelando a todos los medios. En último extremo, hay uno, muy sencillo, de disfrazar el "dumping", llamándole "precio especial de la sobreproducción", o cosa parecida. Difícil nos parece que España pueda oponerse aisladamente, como vimos que se dispone a hacerlo Inglaterra, a esa práctica internacional, muy conveniente para los países no productores que así compran más barato y con los cuales quizá habremos de realizarla nosotros mismos, puesto que en tales casos el arma es perfectamente lícita; pero creemos de nuestro deber señalar aquí el peligro, dejando, por lo delicado de las circunstancias, que los Gobiernos estudien los medios que para conjurarlo tiene España a su alcance.

Otro aspecto que debe considerarse atentamente es que, concediéndose plazos relativamente largos de pago por los agentes extranjeros, merced a un sistema de descuentos y redescuentos que alcanzó en Alemania un límite inverosímil y que en España no hay entidades bancarias cuyos estatutos les permitan imitar, ni siquiera en pequeña escala, el fabricante nacional, para poder competir en su propio mercado, ha de conceder plazos análogos y no tiene adónde acudir, puesto que el crédito industrial no está todavía organizado. Si a él acuden las entidades

más poderosas, a las cuales es relativamente fácil abrirse cuentas de crédito, con mayor razón lo necesitarán los innumerables talleres de menor cuantía, que han de ser la base de nuestro porvenir industrial; pues es muy fácil pedir que desaparezcan los pequeños para dejar paso a las grandes organizaciones; pero como éstas no surgen al conjuro de lo que pudiéramos llamar "retórica profesional", y, cuando surjan, no han de abarcarlo todo, una labor práctica y prudente será la que se encamine a consolidar y mejorar lo actual como base de lo venidero, sin las soluciones de continuidad que se producirían al arrasar o dejar arruinarse lo existente, para reconstruirlo y "taylorizarlo" todo..., si es que al final de la jornada se encontraba quien lo reconstruyera.

3.º—Fomento de la exportación.

A primera vista, parece que, con ella, el mercado, la clientela, podría aumentarse todo lo apetecible. Pero si recordamos que, según creemos haber demostrado, producimos, y es lógico que sigamos produciendo, más caro que los competidores, hasta el punto de necesitar protección para conservar nuestro mercado interior, se comprenderá que los países genuinamente productores no serán los que compren nuestros elaborados, ni nuestros semiproductos, salvo casos excepcionales de calidad determinada, como en pequeña escala ocurría con la fundición hematites de Vizcaya.

En cambio, allí donde la producción siderúrgica sea insuficiente para el consumo transformador—incluso el afino—, como ocurre en Italia, o donde sea casi nula, como en el Mediterráneo oriental y en la América española, si el movimiento comercial crea líneas de transporte necesitadas de cargo de retorno, podríamos pensar en competir con otros países productores, siempre que nuestro sobreprecio de origen quedara equilibrado por una ventaja geográfica que permitiese la compensación en el valor del transporte (como sería en el caso de Sagunto compitiendo en Italia con las fundiciones inglesas y escocesas), o bien con una prima de exportación favorecedora del "dumping", que, practicado con países no productores, no daría lugar a represalias aduaneras.

El año 1914, cuando en el seno del Gobierno llegó a tratarse de fomentar la producción siderúrgica a consecuencia de una campaña en que nos secundaron con rara unanimidad productores y transformadores, tuvimos ocasión de demostrar en la Dirección general de Aduanas y en la Junta de Iniciativas que, valiendo entonces el lingote 100 pesetas en números redondos, cada tonelada sobreproducida allegaba al Tesoro, por impuestos de varias clases, 16 pesetas como mínimum; entonces bastaba una prima de 10 pesetas para poder concurrir al mercado libre

de la Argentina. El contribuyente anónimo que suele invocarse por los eternos discrepantes no pagaba, por lo tanto, un céntimo de la prima, puesto que aun se embolsaba el Fisco de 6 pesetas en adelante.

Las verdades económicas en que se fundaban nuestros cálculos no han variado; pero sería preciso ponerlos de acuerdo con las cotizaciones actuales, y, además, ampliarlos a todos los productos de la escala industrial.

La tarea sería larga; pero creemos que el Congreso la estimará justificada si recuerda que, valiendo hoy 45 a 50 pesetas dos toneladas del mineral que alegremente exportamos sin mirar al porvenir, la tonelada de lingote encontraría mercado exterior vendiéndola a 200 pesetas aquí, como lo encontrarían a 500 pesetas el acero laminado y a 3, 4 y hasta 6.000 pesetas por 1.000 kilos las máquinas-herramientas.

Aunque el resultado de semejante tarea y, en resumen, la escala de primas o bonos de exportación hubieran de ser propuestos al ministerio de Hacienda por la Junta de Aranceles, el informe técnico habría de ser redactado con intervención de los administradores de industrias interesadas, por un Comité de Ingenieros, el mismo que hubiera de estudiar los tipos del Arancel sobre bases racionales y el mismo que debiera actuar como elemento consultivo de la Comisión Protectora de la Producción nacional, la cual—dicho sea de paso—no debiera ser organismo diferente de la Junta de Aranceles. Si el Gobierno, dentro de los llamados moldes legales (que no son irrompibles), no encuentra modo de dar intervención a semejante Comité, o si se abriga el temor de que el organismo haya de servir solamente, como tantos otros, para complacer amistades políticas al hacer unos nombramientos que debieran ser propuestos por el Instituto de Ingenieros Civiles, más valdrá que éste nombre una Ponencia que haga el estudio y se la presente al Gobierno en nombre de toda la Ingeniería española, que quiere y procura con todo ahinco la prosperidad industrial del País.

Sin embargo, con la prima que compense el sacrificio del precio no basta para concurrir con éxito a los mercados extranjeros, los sudamericanos sobre todo; pues tanta o más importancia tienen las condiciones de pago. Consideremos, para formarnos perfecta idea de lo que eso significa, dos casos extremos:

Supongamos que una fábrica siderúrgica del Norte se decida a encender un horno alto suplementario para exportar al año, con prima o sin ella, 50.000 toneladas de fundición bruta a Italia, por embarques aproximados de 4.000 mensuales: vendidas a 200 pesetas, contra reembolso a los cuarenta y cinco días del embarque (y a veces los plazos son bastante más largos), a los dos meses y medio de fabricación, próximo el vencimiento del primer reembolso, la fábrica no habrá cobrado

todavía un céntimo, y tendrá en camino, entregada y en fabricación, mercancía por valor de dos millones, continuando así mientras dure el suministro; pues, de exigir el pago más breve, o perderá el mercado o tendrá que sacrificar su escaso beneficio para no verse suplantada por la concurrencia extranjera. Ese capital flotante suplementario de dos millones para 50.000 toneladas más de lingote, no debe, en buenos principios, tenerlo propio ninguna fábrica siderúrgica.

Consideremos ahora al constructor de locomotoras. Produciéndose más caro en España que en Alemania, por ejemplo, no es lógico suponer que podamos rebajar el precio de venta de las nuestras para que nos las paguen en la Argentina en menos meses que al fabricante alemán; todos sabemos que éste, gracias al sistema de redescuentos establecido por la Banca alemana, concedía nueve, doce y hasta quince meses de crédito; y eso, no sólo en América; pues nosotros mismos hemos comprado en España locomotoras alemanas a pagar en un año. Lo mismo que en el ejemplo anterior, el capital circulante que con tal sistema sería precioso no lo tiene ni puede tenerlo negocio alguno, a excepción de los Bancos, que operan con el dinero ajeno. En uno y otro caso, no puede resolverse el problema sin una buena organización del

CRÉDITO INDUSTRIAL

Es el complemento de las soluciones propuestas, y puede ejercerse en tres direcciones distintas.

Ya vimos que, por la reducida capacidad de absorción del mercado nacional para elaborados que económicamente han de fabricarse en serie, como ocurre con la maquinaria en general, el productor inmoviliza en poco tiempo todo su numerario convirtiéndolo en mercancía que espera comprador. Si ha de seguir trabajando, los recursos necesarios se los ha de proporcionar el crédito, en forma de préstamo, con prenda sin desplazamiento, una especie de resguardo industrial, análogo al legislado recientemente para los productos agrícolas. Y no ha de limitarse esta ayuda al transformador: el siderúrgico mismo podrá necesitarla en períodos de poca venta, y, con mayor motivo cuanto que el horno alto debe funcionar sin interrupción a su marcha máxima, y el préstamo puede hacerse con garantía tan sólida sobre maquinaria construída que sobre lingote fabricado, a semejanza de lo que con el nombre de "warrants" existe en Inglaterra tiempo ha, si bien es preciso llevar el lingote a los depósitos públicos; lo que allí es posible por constituirse éstos en puntos como Middlesbrough, que a un tráfico siderúrgico enorme, reúne la circunstancia de ser el puerto de servicio de los innumerables altos hornos alineados en ambas márgenes del Tees.

Otro auxilio del crédito industrial, para facilitar las ventas a largo plazo, ha de ser un sistema bancario que haga posible el descuento de documentos comerciales con vencimiento más remoto que los noventa días clásicos, a fin de evitar que las industrias que, por la índole de su producción, tengan que vender así en el mercado exterior y aun en el interior mismo, se vean en un momento dado con todo su capital flotante invertido y experimenten dificultades hasta que los vencimientos vayan llegando.

Finalmente, si se atiende a la economía que las compras colectivas reportarían, por la supresión de intermediarios, y a que el descuento comercial de 2 por 100 por pago a treinta días equivale a un 12 por 100 anual sobre el consumo, es indudable que así deben adquirirse las primeras materias, cuando interesa ampliar la clientela por abaratamiento de la producción. Pero es preciso que los fabricantes de cada agrupación local, en su mayor parte, se encuentren en condiciones de operar así; y como no es ese el caso, si el verdadero crédito industrial ha de aplicarse en la acepción neta del concepto, es aquí donde tiene su esfera de acción, ya que las dos orientaciones antes señaladas, más que de crédito, tienen de hipoteca y descuento. Y aunque la tasa del interés, en semejante operación de crédito fabril, llegase al 6 por 100, aun quedaría, hasta el 12, un buen margen de economía, sin contar la derivada de la compra colectiva directa a los centros productores, que si se valen hoy de intermediarios, lo hacen más con la mira de garantizarse el reembolso que de rehuir la función distribuidora, bien poco onerosa por cierto.

Resumiendo todo lo expuesto, tenemos el honor de someter a la consideración del primer Congreso Nacional de Ingeniería las siguientes

CONCLUSIONES

Primera. Supresión de todas las trabas que se opongan a la importación de verdaderas hullas de cok, mientras el País no las produzca de calidad análoga en la cantidad necesaria.

Segunda. Concesión, a los siderúrgicos, de un plazo improrrogable para que, a cambio de la anterior ventaja, amplíen sus elementos de destilación hasta el límite preciso para suministrar a los fundidores, al precio estricto de coste y reservándose únicamente el beneficio de los subproductos, un buen cok metalúrgico, al mismo tiempo que el lingote.

Tercera. Oposición rotunda a que, sobre datos tan inciertos como los que las circunstancias actuales permiten conocer, se legislen tarifas arancelarias intangibles durante cinco años.

CUARTA. Nombramiento de un Comité permanente de Ingenieros con el carácter de organismo consultivo imprescindible de la Junta de Aranceles.

QUINTA. Abolición del sistema arancelario "ad valorem" en los productos siderúrgicos y sus transformados, substituyéndole por otro en que se tenga en cuenta únicamente la diferencia entre el valor del elaborado extranjero, en su punto de origen, aumentado en el transporte, y el precio al cual (incluyendo amortización y servicio de interés al capital) resultaría el similar español, fabricado con las materias primas más adecuadas y por los métodos más económicos que en nuestras peculiares condiciones sean prácticamente exigibles a la Industria nacional. Las materias primas y los métodos que hayan de servir de base al estudio serán fijados contradictoriamente, para cada partida del Arancel, por el Comité técnico y los representantes de las industrias interesadas, previa inspección ocular, para cuya eficacia servirá de preparación la visita sistemática de fábricas extranjeras.

SEXTA. Intervención análoga de ese mismo Comité en la Comisión Protectora de la Producción nacional, para informar acerca de todas las peticiones de auxilio que a ella se eleven, y que deberán ir acompañadas del correspondiente programa y avance de presupuesto, con cálculo de rendimientos. Los miembros de ese Comité, que, a su ilustración titular, deberán unir una práctica grande, como garantía de acierto, serán propuestos en terna por el Instituto de Ingenieros Civiles, excepto los pertenecientes al Ejército y Armada.

SÉPTIMA. Propaganda activa de los Ingenieros junto a la clase patronal, con miras a perfeccionar los métodos en uso e iniciación de relaciones cordiales con La Unión General de Trabajadores, ya para escuchar y apoyar muchas de sus aspiraciones, ya para encauzar las demás por la vía más beneficiosa a la Economía nacional.

OCTAVA. Fomento general de la cultura: En las escuelas especiales, intensificando el estudio de los problemas sociales y económicos, inseparables de la misión actual del Ingeniero. Para la clase patronal, organizándose conferencias, de carácter práctico, por las Asociaciones locales de Ingenieros. Para la clase obrera, mediante la creación o habilitación de talleres-escuelas de enseñanza gratuita, siendo obligatorio para cada patrono cuyos obreros, en número prudencial, se matriculen, abonarles como trabajadas las horas de asistencia a la Escuela-Taller.

NOVENA. Revisión urgente de las tarifas de transporte en cabotaje y estudio concienzudo de las reducidas que en adelante deberán regir, por mar y tierra, para hulla, cok, mineral, hierro viejo y semiproductos siderúrgicos.

Décima. Prima de producción a la fundición, acero y ferroaleaciones obtenidos al horno eléctrico.

Undécima. Instalación en Sevilla, a cargo del Cuerpo de Artillería, de una fábrica electrosiderúrgica, que comience en la reducción del mineral y dé fácil acceso para que todos los industriales e Ingenieros españoles puedan beneficiarse de su carácter experimental.

Duodécima. Redacción de un amplio plan de obras públicas, construcción inmediata de los ferrocarriles del cuadro general aprobado y realización del plan general de defensa, estimulando desde ahora con contratos de suministros a la Industria, *pequeña y grande,* de todas las regiones para hacer posible, cuando convenga, una rápida y eficaz movilización industrial. Todo lo que esta conclusión abarca se resume en la necesidad de que se redacte y se apruebe un Presupuesto magno de verdadera reconstitución.

Décimotercera. Invitación simultánea, por esta Asamblea, a las distintas Sociedades patronales de transformadores y a las Empresas siderúrgicas, para ponerse al habla, a fin de reglamentar la venta del lingote al análisis y de constituir en cada localidad un depósito colectivo de laminados, con las mismas bonificaciones que disfrutan los almacenistas.

Décimocuarta. Excitación al Gobierno para que no pierda de vista la posibilidad de que la Industria extranjera intente practicar el "dumping" en nuestro mercado y para que arbitre medios prácticos de combatirlo o neutralizarlo.

Décimoquinta. Concesión de primas a la exportación, tomando como base, para calcularlas, los ingresos que por todos conceptos recoge el Tesoro por cada unidad sobreproducida. Ese estudio debe hacerlo el mismo Comité técnico afecto a la Junta de Aranceles y Valoraciones y a la Comisión Protectora de la Producción nacional, con audiencia de los administradores o representantes de cada industria que se examine.

Décimosexta. Organización rápida del crédito industrial en todas sus modalidades y, especialmente, creación de "resguardos" industriales negociables, transferibles y pignorables en todas las sucursales del Banco Industrial y del Banco de España.

* * *

Al llegar aquí, nos asalta el escrúpulo tardío de haber osado, desprovistos de autoridad, formular tantas conclusiones. Algo dice en descargo nuestro el intento de encontrar soluciones a dificultades prácticas; si el Congreso estima que en algunos puntos lo hemos logrado, al

hacer suyas las conclusiones, tal como se presentan o mejorándolas con las enmiendas que resulten de una discusión, luminosa ciertamente si intervienen cuantos para ella están capacitados por su ilustración y por su íntimo contacto con la realidad fabril, no nos preocupará ya nuestra insignificancia, porque lo que de aquí salga refrendado no será nuestro, sino que emanará de la más alta autoridad colectiva del país en estas cuestiones: la INGENIERÍA ESPAÑOLA en masa."

Las conclusiones del trabajo del Sr. Coll son objeto de amplio debate.

El Sr. GAMIR (D. Luis) propone una modificación radical a la conclusión primera.

El Sr. ALDECOA dice que en España hay suficientes hullas de cok, citando ejemplos.

El Sr. CHURRUCA hace oposición a la conclusión segunda. En el mismo sentido opina el Sr. BENGOA. Después de gran discusión, a propuesta del Sr. PRESIDENTE, se resumen las dos primeras conclusiones en la siguiente, que es aprobada:

"El Estado debe estimular la producción de un buen cok metalúrgico, similar al cok inglés, utilizado por la industria siderúrgica, ofreciendo protección especial a las minas que lleguen a esta perfección en sus procedimientos."

Los Sres. CHURRUCA y BENGOA dicen que la tercera conclusión sólo debe aprobarse con carácter general para todas las industrias, y así se acuerda.

En la discusión de la conclusión 4.ª toman parte los Sres. GULLON, BENGOA y CHURRUCA. Este último da noticia de un Real decreto publicado el día 21 de noviembre nombrando Ingenieros que formen parte de la Comisión permanente de la Junta de Aranceles. Dice también que no estima que este punto pertenezca a la Sección, y propone pase a la correspondiente.

El Sr. COLL rebate estos argumentos, y propone retirar la conclusión si, examinado el Real decreto citado, se da entrada por él a elementos técnicos en la Junta de Aranceles, como se ha hecho.

Al discutirse la conclusión 5.ª, intervienen los Sres. HACAR, ELIZALDE y COLL.

El Sr. CHURRUCA sostiene que la inspección del Comité representaría una fiscalización ineficaz e intolerable para las fábricas. Se aprueba la conclusión en el sentido de ser conveniente la substitución del sistema "ad valorem", pero que debe dejarse al Comité en libertad de fijar el que crea más beneficioso para los intereses generales del País.

Respecto a la conclusión 6.ª, el Sr. BENGOA dice que cree que ya

figuran Ingenieros en la Comisión Protectora de la Producción, aprobándose a reserva de lo que haya dispuesto.

En la conclusión 7.ª se acuerda substituir la frase "La Unión General de Trabajadores" por "Los organismos obreros".

La conclusión 8.ª se acuerda pasarla a la Sección 10.ª, donde corresponde, a propuesta de los Sres. CHURRUCA y HACAR.

La conclusión 9.ª es aprobada.

La 10.ª se aprueba, acordando primas de producción a la fundición y al acero obtenidos al horno eléctrico y a las ferroaleaciones, cualquiera que sea el sistema de fabricación y sin perjuicio para las industrias establecidas.

Respecto a la conclusión 11.ª, el Sr. CASAUS dice que no se debe particularizar.

El Sr. ELIZALDE opina que los Cuerpos militares tienen otra misión, y que la función industrial debe ser reservada a los Ingenieros de Minas e Industriales.

El Sr. FERNANDEZ LADREDA, en frases elevadas y patrióticas, dice que los artilleros sólo quieren estrechar los lazos de compañerismo con los Ingenieros civiles, y que no admitirán nada que pueda despertar suspicacias, y sí sólo trabajando juntos.

Intervienen también los Sres. PLANELL y COLL; y éste, finalmente, retira esta conclusión.

Sin discusión, se aprueban las conclusiones 12.ª y 13.ª

En la 14.ª, a propuesta del Sr. COLL, se agrega "... teniendo en cuenta las circunstancias originadas en la diferencia del cambio internacional".

Se aprueban las conclusiones 15.ª y 16.ª, y quedan todas ellas en la forma siguiente:

"1.ª El Estado debe estimular la producción de un buen cok metalúrgico similar al cok inglés, utilizado por la industria siderúrgica, ofreciendo protección especial a las minas que lleguen a esta perfección en sus procedimientos.

"2.ª Oposición rotunda a que sobre datos tan inciertos como los que las circunstancias actuales permiten conocer se legislen tarifas arancelarias en general durante cinco años.

"3.ª Conveniencia de abolir el sistema arancelario "ad valorem" en los productos siderúrgicos y sus transformados, substituyéndole por otro en que se tenga en cuenta en lo posible la diferencia entre el valor del elaborado extranjero, en su punto de origen, aumentando el transporte, y el precio al cual (incluyendo amortización y servicio de interés al capital) resultaría el similar español fabricado con las materias primas más adecuadas y por los métodos más económicos que en nuestras

peculiares condiciones sean prácticamente exigibles a la industria nacional.

"4.ª Nombramiento de un Comité permanente de Ingenieros con el carácter de organismo consultivo imprescindible de la Comisión protectora de la Producción nacional, para informar acerca de todas las peticiones de auxilio que a ella se eleven y que deberán ir acompañadas del correspondiente programa y avance de presupuesto con cálculo de rendimientos. Los miembros de ese Comité, que a su ilustración titular deberán unir una práctica grande, como garantía de acierto, serán propuestos en terna por el Instituto de Ingenieros Civiles, excepto los pertenecientes al Ejército y Armada.

"5.ª Propaganda activa de los Ingenieros junto a la clase patronal, con miras a perfeccionar los métodos en uso e iniciación de relaciones cordiales con los organismos obreros, ya para escuchar y apoyar muchas de sus aspiraciones, ya para encauzar las demás por la vía más beneficiosa a la Economía nacional.

"6.ª Revisión urgente de las tarifas de transporte en cabotaje, y estudio concienzudo de las reducidas que en adelante deberán regir por mar y tierra para hulla, cok, mineral, hierro viejo y semiproductos siderúrgicos.

"7.ª Prima de producción a la fundición y acero obtenidos al horno eléctrico y a las ferroaleaciones, cualquiera que sea el sistema de fabricación y sin perjuicio para las industrias establecidas.

"8.ª Redacción de un amplio plan de obras públicas; construcción inmediata de los ferrocarriles del cuadro general aprobado, y realización del plan general de defensa, estimulando desde ahora con contratos de suministros a la Industria pequeña y grande de todas las regiones, para hacer posible, cuando convenga, una rápida y eficaz movilización industrial. Todo lo que esta conclusión abarca se resume en la necesidad de que se redacte y se apruebe un Presupuesto magno de verdadera reconstitución.

"9.ª Invitación simultánea, por esta Asamblea, a las distintas Sociedades patronales de transformadores y a las Empresas siderúrgicas para ponerse al habla, a fin de reglamentar la venta del lingote al análisis y de constituir en cada localidad un depósito colectivo de laminados con las mismas bonificaciones que disfrutan los almacenistas.

"10.ª Excitación al Gobierno para que no pierda de vista la posibilidad de que la Industria extranjera intente practicar el "dumping" en nuestro mercado, y para que arbitre medios prácticos de combatirlo o neutralizarlo, teniendo en cuenta las circunstancias originadas por la diferencia del cambio internacional.

"11.ª Concesión de primas a la exportación, tomando como base,

para calcularlas, los ingresos que por todos conceptos recoge el Tesoro por cada unidad sobreproducida. Ese estudio debe hacerlo el mismo Comité técnico afecto a la Junta de Aranceles y Valoraciones y a la Comisión Protectora de la Producción nacional, con audiencia de los administradores o representantes de cada industria que se examine.

"12.ª Organización rápida del crédito industrial en todas sus modalidades, y, especialmente, creación de "resguardos" industriales negociables, transferibles y pignorables en todas las sucursales del Banco Industrial y del Banco de España."

El Sr. PRESIDENTE manifiesta que, para terminar la labor de la Sección, ésta puede constituirse en sesión permanente.

El Sr. PLANELL dice que, visto lo avanzado de la hora (dos y media), renuncia a leer su trabajo.

El Sr. RODRIGO propone que dé su conferencia en el Instituto de Ingenieros Civiles el 25, a las cinco de la tarde, y allí se termina el trabajo de la Sección, acordándose así y levantándose la sesión.

Se reanuda la sesión a las cinco de la tarde en el Instituto de Ingenieros Civiles, bajo la presidencia del Sr. VILLASANTE.

El Capitán de Artillería Sr. PLANELL (D. Joaquín) da lectura a su trabajo, que es premiado con grandes aplausos y felicitaciones. En extracto, es como sigue:

"INCLUSIONES NO-METALICAS EN LOS ACEROS ESPECIALES

Por D. Joaquín Planell Riera.

En el presente trabajo se estudia la fabricación de aceros especiales en horno Siemens ácido desde el punto de vista de las *inclusiones no-metálicas.*

La influencia de estas últimas en los resultados defectuosos obtenidos en las grandes piezas de forja sometidas a pruebas con barretas transversales, sólo se ha puesto de manifiesto, con toda su importancia, al tratarse de intensificar la fabricación de tubos y manguitos para cañones, durante la guerra, por aquellas fábricas de los países beligerantes que ya en tiempo de paz se dedicaban a la elaboración de material de artillería y, sobre todo, al acometer esta última las factorías siderúrgicas, para las cuales era desconocida y nueva dicha fabricación.

Se estudia, en primer término, el origen de las inclusiones, deduciéndose que éstas pueden clasificarse, según sea aquél, en los tres grupos siguientes:

Origen de las inclusiones... { *A*) FeO disuelto en el acero líquido.
B) Silicatos de Fe y Mn y MnS en suspensión en el mismo.
C) Materiales refractarios escorificados.

Se expone a continuación la influencia de las inclusiones no-metálicas en las características mecánicas de los aceros y, simultáneamente, se indica su análisis microscópico, cuantitativo y cualitativo, haciendo ver cómo la estructura del acero puede ser influenciada por las inclusiones. Se acompañan doce microfotografías de aceros especiales al níquel y un cuadro con las características mecánicas de tracción correspondientes.

Estudiado el origen del defecto y la importancia del mismo, se expone a continuación el proceso de elaboración de los aceros especiales en horno Siemens ácido. En esta parte del presente escrito, que es la más importante, se indican y discuten los procedimientos y precauciones que conviene adoptar para evitar el grave defecto de las *inclusiones no-metálicas,* insistiendo, principalmente, en los factores que, a juicio del autor, tienen mayor influencia en el resultado; a saber:

La composición de la carga del horno.

El modo de fundirla y afinarla.

Las adiciones de cal.

La temperatura, y, finalmente,

La colada en el caldero y lingoteras.

Por ser una derivación del tema principal del presente escrito, se trata después brevemente de las grietas en los lingotes de acero, del embudo de contracción y de la segregación.

Por último, y como complemento, se indica también, sucintamente, la influencia que en las fracturas defectuosas de las barretas de prueba transversales pueden tener, además de las inclusiones, los poros de los lingotes de acero, su composición química y la reducción de área en la forja.

Consecuencias prácticas.—Con los procedimientos actuales es imposible obtener lingotes de aceros especiales, de peso considerable, *completamente* exentos de inclusiones no-metálicas. Pero es posible disminuir su número e importancia, de tal suerte, que su influencia, en la práctica, sea insignificante.

La prueba de tracción en barreta transversal, por sí sola, no es su-

ficiente para determinar el valor de una pieza forjada en relación con el uso a que se la destine. Es preciso completar aquélla con pruebas de plegado, choque y ensayos metalográficos u otros que, como los rayos X, permitan determinar, no sólo la *naturaleza,* sino también la *extensión* de los defectos.

Estos ensayos deben practicarse sobre las piezas de acero en estado de forja o simplemente recocidas antes de ser trabajadas a máquina; las que presenten cantidad excesiva de inclusiones se rechazarán desde luego, y se dedicarán a otros usos en que estén sometidas a esfuerzos longitudinales, en los cuales son mucho menos nocivas dichas inclusiones.

* * *

La fabricación de aceros especiales en horno Siemens se debe sujetar a las siguientes normas para evitar, en lo posible, las *inclusiones no-metálicas*:

Emplear exclusivamente el horno Siemens ácido, cuya solera se preparará cuidadosamente antes de cargarlo.

Emplear primeras materias muy puras, no sólo en Ph y S, sino también, y muy principalmente, en óxido de hierro *libre.*

Las dosis de Si y Mn en la carga deben ser las indispensables para obtener, después de la fusión, una escoria de poco espesor, pero que cubra todo el baño de acero líquido.

El C inicial debe calcularse cuidadosamente en función de los límites en que sea posible encerrar las influencias oxidantes, según las circunstancias locales.

La carga se introducirá en el horno y fundirá en varias partes, empezando por el lingote de hierro. *La fusión se hará a alta temperatura,* empleando una llama lo menos oxidante posible, para lo cual deben reducirse al mínimo el H_2 y H_2O en los gases y emplear la menor cantidad posible de aire secundario.

El afino se hará también a temperatura elevada y *con exclusión de toda adición oxidante,* es decir, por la sola acción del óxido formado durante la fusión y de la acción oxidante de los gases; esta última se reducirá, sin embargo, al mínimo.

El hervido, que al principio debe ser bastante intenso, se terminará con un baño de acero líquido que, *además de estar en equilibrio con la escoria, contenga la menor cantidad posible de* FeO *antes de agregarle las adiciones finales desoxidantes.* La eliminación del FeO disuelto en el acero y en la escoria, debe confiarse, muy principalmente, a la acción reductora del carbono, y, para conseguirlo, *son muy eficaces las adiciones de cal en el último período del afino y una temperatura elevada.*

Es, pues, un grave error confiar a las adiciones finales desoxidantes la misión de *matar* el acero, misión que debe ser de la exclusiva incumbencia del carbono.

Se dejará transcurrir el mayor tiempo posible entre las adiciones desoxidantes y la colada del acero en el caldero.

Es de la mayor importancia observar una gran limpieza en todas las operaciones que constituyen la *colada* y el empleo de materiales refractarios de primera calidad en los revestimientos de canal y caldero de colada, fondos de lingoteras, etcétera. Durante la colada se reducirá todo lo que se pueda el contacto entre el acero y el aire.

* * *

Para atenuar la influencia de las altas temperaturas de colada en las grietas, embudo de contracción y segregación, se graduará convenientemente el tiempo que tarden en llenarse las lingoteras, en relación con el peso de los lingotes, y se emplearán procedimientos que permitan conservar líquida, el mayor tiempo posible, la parte superior de los mismos. De dichos procedimientos, el más sencillo, económico y suficiente en la mayoría de los casos, es el empleo de lingoteras con la base mayor de la parte superior y con revestimientos refractarios en la zona correspondiente a la mazarota.

* * *

En los aceros al níquel y cromoníquel con más del 2,5 por 100 de este último metal, debe tenderse a emplear dosis de carbono inferiores a 0,35 y aun a 0,30 por 100, aumentando, en cambio, las dosis de los elementos especiales, si fuese preciso para obtener la resistencia necesaria.

La relación media entre el área de la sección recta de la pieza forjada y la del lingote original, debe estar comprendida entre $^1/_2$ y $^1/_3$. Esto tiene la ventaja de permitir, en muchos casos, el empleo de lingotes más pequeños y, por consiguiente, más sanos.

* * *

El procedimiento *duplex de horno Siemens básico* y *horno eléctrico ácido* es el que más probabilidades tiene de reunir, en el porvenir, las mayores ventajas para la obtención de aceros especiales sujetos a pruebas con barretas transversales, desde el doble punto de vista técnico y económico."

El Sr. VILLASANTE presenta al obrero D. Tomás Hernández Rojas, que lee una comunicación sobre "La soldadura del aluminio con el soplete ordinario", y muestra varios trabajos mecánicos realizados por él, que son vistos con mucho agrado.

La PRESIDENCIA da cuenta de una comunicación presentada por D. Luis Afán de Rivera sobre el "Aparato ciclón", que está en la Exposición, y de otra de la Casa "Laguna", de Zaragoza, sobre "El goniómetro de mina Rived", la cual no se lee por tratarse de un trabajo ya publicado y conocido.

Finalmente, el Sr. PRESIDENTE da las gracias a todos por la brillante colaboración prestada al Congreso y por las atenciones guardadas a la Mesa en el curso de los debates, y se levanta la sesión a las siete de la tarde, después de leída y aprobada una carta del Sr. Presidente del Congreso, dejando a la iniciativa del Instituto la fijación de la fecha para celebrar el segundo Congreso Nacional de Ingeniería.

SECCIÓN 5.ª

FISICA Y QUÍMICA INDUSTRIALES

SECCION 5.ª

PRESIDENTE

D. Juan Flórez y Posada, Ingeniero Industrial.

SECRETARIO

D. Vicente Burgaleta, Ingeniero Industrial.

ACTA DE LA SESION CELEBRADA EL DIA 18 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y media de la mañana.

El Presidente, Sr. FLOREZ Y POSADA, saluda a los Congresistas, y hace voto por el éxito del Congreso en general y, más especialmente, por la labor encomendada a la Sección 5.ª, que encomia.

Añade que, cumpliendo un precepto reglamentario, se permite proponer el nombramiento de Presidentes honorarios a favor de los ilustrísimos Sres. D. Blas Cabrera y D. José Rodríguez Mourelo, y para Vicepresidente, al Sr. D. Angel del Campo, enalteciendo después las cualidades extraordinarias que adornan a los señores propuestos.

Por aclamación, son aprobados dichos nombramientos; y acto seguido, pasan a ocupar su puesto en la Mesa los Sres. Rodríguez Mourelo y Del Campo, que están presentes.

Después de algunas consideraciones hechas por la Presidencia respecto al orden de estudio y discusión de los trabajos, ésta concede la palabra al Teniente Coronel de Ingenieros Sr. MONTOTO, que da lectura a un interesante trabajo que presenta el Laboratorio del Material de Ingenieros, relativo a ensayos sobre "Heladicidad", cuyo contenido es el siguiente:

"ENSAYOS ABREVIADOS DE "HELADICIDAD"

Por el Laboratorio del Material de Ingenieros del Ejército.

Comenzaremos nuestra tarea pidiendo perdón a los oyentes por el empleo de un neologismo evidentemente atrevido: "heladicidad". Existe, y es castizo, el adjetivo correspondiente; pero derivar, de heladizo, heladicidad, es así como llamar quebradicidad a la fragilidad, tornadicidad a la veleidad, y caedicidad a la caducidad. Ventilen esta cuestión, si les place, los académicos; nosotros, si lo fuéramos, quizá osáramos proponer la palabra "gelidez" en substitución de "heladicidad". No se nos oculta que tal vocablo ha sido ya anexionado por los poetas, ni tampoco que sería tachado de galicismo, por su semejanza con "gélivité"; a lo primero contestaríamos que tal asociación de ideas debe sernos grata a los Ingenieros, acusados, casi siempre justamente, de espíritus prosaicos, y a lo segundo, que la palabra propuesta es de puro abolengo latino, y puede, por tanto, figurar dignamente en el vocabulario de un idioma que, por su estructura y fonética, se aproxima más que otro cualquiera de los modernos a la lengua del Lacio.

Y acallado este pequeñísimo escrúpulo de Lexicografía, haremos ya uso sin empacho de esa palabreja que, a falta de propiedad y estética, posee dos cualidades: brevedad, puesto que con una sola palabra expresa un concepto que requería antes cuatro, y claridad, porque todo el mundo la entiende, incluso los que la oyen por primera vez. Ignoramos quién sea el progenitor de la contrahecha criatura; pero no podemos negar que el advenimiento de ésta era necesario, como lo prueba su extendida adopción entre técnicos y profanos. Sospechamos que la propia Academia Española no podría ya enderezar el entuerto y que estamos condenados a "heladicidad" por los siglos de los siglos.

I.—ANTECEDENTES

Ante el Congreso Internacional de los Métodos de Ensayo de los Materiales de Construcción, reunido en París del 9 al 16 de julio de 1900, fué presentada una comunicación por el entonces Coronel de Ingenieros D. José Marvá y Mayer, cuyo título era *Sur quelques détails d'exécution des épreuves de gélivité des pierres* (1). La edición española apareció más tarde, en 1902. En este trabajo, motivo por entonces

(1) París: Vve. Ch. Dunod, éditeur, 49, Quai des Grands-Augustins (1901).

de viva controversia, tras de una noticia preliminar relativa a los procedimientos de ensayo de "heladicidad", entonces admitidos, y de una copiosa acumulación de datos relativos a los procedimientos de desecación, imbibición y congelación, llega el autor a las conclusiones que extractamos:

DESECACIÓN.—Las piedras serán desecadas en una estufa a 60° C. hasta conseguir un peso constante con $\pm$ 0,1 gramos de tolerancia; dato que deberá comprobarse en dos pesadas sucesivas.

IMBIBICIÓN.—Se sacarán los dados de la estufa y se llevarán a un recipiente en el que se enrarecerá el aire hasta que el manómetro indique una presión de 60 mm. de mercurio; se dejará entrar agua destilada hasta la inmersión total de las piedras, manteniendo la presión de 60 mm. durante treinta minutos más. Seguidamente, se restablecerá la presión atmosférica, y se retirará la piedra del recipiente, sumergiéndola en agua destilada durante el tiempo necesario para que dos pesadas sucesivas, efectuadas con intervalo de seis días, no acusen incremento de peso superior a 0,1 gramos.

CONGELACIÓN.—Se introducirán las piedras en las cámaras de aire del refrigerador cuando la temperatura de éste sea algo inferior a 0°, y se hará marchar la máquina hasta obtener la temperatura de —15° C., manteniendo la cámara entre —15° C. y —10° C. Durante doce horas. Después de este tiempo, se retirarán los ejemplares del refrigerador, exponiéndolos al aire de la habitación durante media hora y sumergiéndolos después en agua destilada a +15° C. durante dos o tres horas. Esta operación de congelación y deshielo se ejecutará veinticinco veces.

CONGELACIÓN ABREVIADA.—Las pruebas descriptas son demasiado lentas, y sería conveniente acelerarlas. A este fin, si se dispone de una máquina frigorífica, se introducirán los ejemplares, saturados previamente de agua, del modo ya explicado, en la disolución salina incongelable que circula alrededor de las cámaras de aire. Si las piedras resisten dos inmersiones de cuatro a seis horas en *salmuera* cuya temperatura esté comprendida entre —10° C. y —15° C., se puede afirmar que no son heladizas. Antes de proceder a la segunda inmersión, es indispensable lavar perfectamente el ejemplar y sumergirlo durante seis días en gran volumen de agua, para que la sal absorbida se disuelva completamente. Si la piedra no resiste este ensayo, no por eso dejará de practicarse el ordinario.

El problema de la resistencia de las piedras naturales a la intemperie había sido propuesto en el Congreso de Zurich en 1895, con otros varios, al examen de la Asociación Internacional para el Ensayo de Materiales, la cual designó para su estudio una Comisión en la que

figuraban, entre otras personalidades notorias, Hanisch, Gary, Hirschwald y Leduc. Este último, Jefe de Sección en el Laboratorio del Conservatorio de Artes y Oficios, de París, sometió el resultado de sus observaciones al V Congreso de la Asociación, reunido en Copenhague en 1909. Su trabajo tiene este título: *Sur la détermination de la gélivité des pierres* (1).

El autor explica sus propósitos en estas palabras:

"En la comunicación del Sr. Marvá y Mayer sobre "heladicidad" de las piedras, que más arriba hemos citado, se hace constar que no existe acuerdo sobre el procedimiento de desecación, sobre la imbibición ni aun, añadiremos, sobre la congelación ni el procedimiento para el deshielo.

"Con la intención de ayudar a deducir los principos de un método de ensayos, hemos sometido un número bastante grande de piedras (treinta y una clases) reconocidas en la práctica como no heladizas, poco heladizas y heladizas, a diferentes ensayos de heladicidad, en los cuales hemos hecho uso de los diferentes procedimientos de inmersión y congelación."

Las palabras del Coronel Marvá, incompletas y no muy fielmente citadas, eran éstas, que reproducimos en su integridad, porque definen expresivamente las deficiencias de procedimiento entonces existente, que en gran parte subsisten todavía, y señalan, por consiguiente, la ruta que convendría seguir para eliminarlas: "Las citadas reglas (de las conferencias de Munich, Dresde y Berlín, del Laboratorio de Zurich y del de Puentes y Caminos de París) no son todo lo precisas que fuera de desear, pues ni se determina cuál es la temperatura más propia para la rápida y completa desecación de las piedras, ni, al resolver que las piedras han de ser sometidas a la congelación cuando estén saturadas de agua, se especifica cuál sea este grado de saturación, ni aun se hace mención de los procedimientos que deben emplearse para obtenerla, así como de las causas que pueden ejercer influencia respecto a la cantidad total de agua absorbida.

"Finalmente, tampoco se concretan los medios para producir la congelación, la influencia que tienen los distintos procedimientos de saturar de agua las piedras, la duración de períodos de congelación, el número de éstos y algunos otros detalles de ejecución.

"Son, éstos, importantísimos problemas de detalle que debieran resolverse, si se quiere dar a los ensayos de resistencia, a los efectos de las heladas, toda la precisión necesaria para conseguir uniformidad en

---

(1) H. Dunod & E. Pinat: 49, Quai des Grands-Augustins. (París, 1909.)

los resultados, y la mayor rapidez posible en la ejecución de las pruebas.

"De seguir indiferentemente uno u otro de los procedimientos ya expuestos, sin dar valor a la importancia de algunos detalles de ejecución de estos ensayos, se corre el peligro de llegar a conclusiones completamente contradictorias respecto al grado de resistencia de las piedras al helamiento."

En su Memoria estudia M. E. Leduc críticamente las pruebas de resistencia a las heladas existentes en 1909, y propone un método de ensayo acelerado que recomienda al Congreso para que sea examinado por investigadores de distintos países. El procedimiento que preconiza consiste en lo siguiente:

Los cubos de piedra de 7 cm. de arista son desecados a 100° centígrados hasta que su peso permanezca constante; los ejemplares serán colocados seguidamente en agua hasta una altura de dos centímetros. A medida que el agua se eleva por capilaridad, se añade agua de media en media hora, sin rebasar la línea marcada por la absorción. Cuando las piedras están completamente impregnadas, se añade agua hasta cubrirlas y se pesan. En el caso de no ser visible la absorción o de que alcance la cara superior con excesiva lentitud, se cubrirán los ejemplares de agua a las ocho horas de haber comenzado la imbibición. Anotado el peso de las piedras, se colocarán de nuevo en el agua, completamente sumergidas, y transcurridas veinticuatro horas, se colocarán durante cuatro en una disolución de cloruro de calcio de 1,30 de densidad a temperatura de —15° C. y después, durante otro tanto tiempo, en agua destilada a +15° C. Seguidamente, serán retiradas del agua y se anotará el estado en que se encuentran.

De la comparación entre las proposiciones Marvá y Leduc, relativas al ensayo acelerado de "heladicidad", se deduce que la segunda es una modificación de la primera, y así lo manifiesta el autor en la página 6 de su Memoria.

Diferencias entre una y otra proposición de ensayo acelerado.

Desecación.—Marvá propone la desecación a 60°, y Leduc eleva esta temperatura a 100°, para conseguir un resultado más rápido sin deterioro del material; pues la experiencia demuestra que esa temperatura no causa alteración en las piedras que de ordinario se emplean para la construcción.

Respecto de este punto, hemos de decir que la temperatura de 60° fué fijada únicamente porque, con la estufa Frémy, de grandes dimensiones, utilizada por el Coronel Marvá, no es factible alcanzar tem-

peratura más elevada; pero, en la práctica corriente del Laboratorio del Material de Ingenieros, en años anteriores al del Congreso de Copenhague, se empleó siempre, para la desecación de las piedras destinadas a ensayo, una estufa Wiesnegg a 100° C., y sólo se recurrió a la de Frémy cuando la cantidad de materiales para ensayos era muy considerable.

ABSORCIÓN DE AGUA POR DEPRESIÓN NEUMATICA.—Marvá propone que la piedra, retirada de la estufa, se lleve inmediatamente a la cámara de depresión, manteniendo la de 60 milímetros de mercurio durante treinta minutos, dando seguidamente entrada al agua en la cámara hasta que la piedra quede sumergida, y manteniendo después la depresión indicada durante treinta minutos más; se retirará entonces de la cámara el ejemplar sumergido, dentro de su recipiente, y se dejará en esa forma, expuesto a la depresión atmosférica, hasta que dos pesadas sucesivas, con intervalo de seis días, no acusen incremento de peso mayor de 0,1 gramos.

Leduc mantiene también la presión de 60 mm. de mercurio durante una hora, haciendo llegar gradualmente el agua, en vez de efectuarlo en una sola vez, cuando haya transcurrido treinta minutos desde que se inició la depresión; pero no emplea la imbibición por depresión para el ensayo rápido, sino la absorción gradual de agua a la presión atmosférica durante ocho horas, seguida de inmersión total, que se mantiene veinticuatro horas.

CONGELACIÓN POR INMERSIÓN EN LA SALMUERA.—Marvá prescribe la inmersión durante cuatro a seis horas a temperatura de —10° a —15°, que se reitera una vez si a la primera no se hiende ni altera en otra forma el ejemplar; entre la primera y la segunda prueba se dejará un plazo de seis días, durante los cuales la piedra estará sumergida en gran volumen de agua, a fin de que la sal contenida en los poros se elimine casi totalmente por dilución.

Leduc propone una inmersión de cuatro horas a temperatura de —15° C., y no repite la prueba. Haremos observar que la conservación de una temperatura invariable de —15° C. es difícilmente realizable con una máquina frigorífica; sería preciso para ello asociarla con un termóstato que automáticamente pusiera el motor en circuito o lo retirara. Aunque el problema no ofrece dificultades insuperables, es muy dudosa la utilidad de su resolución en el caso presente, ya que las temperaturas atmosféricas están sujetas a continuas variaciones.

II.—PLAN DE OPERACIONES

Suscitada en el Congreso de París la cuestión de los ensayos abreviados de "heladicidad", a consecuencia de los estudios efectuados en el Laboratorio del Material de Ingenieros por su ilustre Director, es, por decirlo así, obligado que dicho establecimiento haya continuado dedicando su atención al examen de las proposiciones que se refieren al problema de la "heladicidad" en general y especialmente al de las modificaciones a un procedimiento que en ese laboratorio tuvo su origen; entre esas proposiciones descuella la de M. Leduc, por su autoridad personal y por el prestigio del establecimiento en que ejerce sus funciones. El Laboratorio asumió, pues, la tarea de comprobar la mayor o menor eficacia de los ensayos rápidos de "heladicidad" comparada con la de los ensayos ordinarios, haciendo variar los distintos factores que influyen sobre el resultado de los ensayos y especialmente dos: la cantidad de agua absorbida y la temperatura de la disolución de cloruro de calcio a 25° Baumé, en que se sumergen los ejemplares. Estos dos elementos habrán de ser empleados gradualmente, de menor a mayor severidad, hasta conseguir que las piedras heladizas, según el ensayo ordinario, lo sean también con el rápido.

En el ensayo ordinario de las piedras ha procurado el Laboratorio del Material de Ingenieros, en sus veinte años de existencia, ajustarse a las normas generalmente admitidas, sin más alteración que las sugeridas por la experiencia propia y ajena adquiridas durante ese tiempo. Examinaremos los diferentes puntos que comprende dicho ensayo.

Ensayo normal empleado en el Laboratorio del Material de Ingenieros.

1.° *Temperatura más propia para la rápida y completa desecación de las piedras.*—La de 100°, durante veinticuatro horas, es, en todos los casos, suficiente, puesto que, pesadas las piedras después de ese tiempo y a las cuarenta y ocho horas, la diferencia es inferior a 0,1 gramos.

2.° *Grado de imbibición.*—El que se obtiene por una inmersión de veinticuatro horas en dos centímetros de agua y veintiocho días de inmersión total, a la presión atmosférica, y también la que se consigue con la presión de 260 mm. de mercurio durante 15′, estando la piedra sumergida en agua, seguida de siete días de inmersión total a la presión atmosférica. La presión de 260 mm. fué prescripta en 1900 por la Comisión (francesa) de los Métodos de Ensayo, y empleada como

queda dicho, da, aproximadamente, las mismas cifras de imbibición que las obtenidas por inmersión de cuatro semanas a presión ordinaria (véase el estado comparativo número 1, en el que aparecen ejemplares de treinta y dos canteras distintas tratadas por uno y otro procedimiento de absorción). Cuando se aplican presiones menores de 260 mm., aumenta la cantidad de agua absorbida, llegando a ser mayor que la obtenida por inmersión muy prolongada a la presión atmosférica. La comunicación del Coronel Marvá presenta numerosos ejemplos de ello y de los efectos perjudiciales de esta mayor absorción. Es preciso, por tanto, no bajar de dicho límite, porque, de otro modo, resultarían heladizas muchas piedras que en la práctica no lo son, ni aun conteniendo toda el agua que pueden absorber por una inmersión prolongada al aire libre.

3.° *Modo de producir la congelación.* — Se emplea una máquina frigorífica de cloruro de metilo, con la que pueden obtenerse temperaturas de —23°, que es la de ebullición del éter metylclorhídrico, cuya fórmula es CH_3Cl. Suponiendo una temperatura ambiente de +20°, se alcanza la de —20° C. en cuatro horas de trabajo. Las cámaras frigoríficas son cilíndricas, de 11,5 centímetros de diámetro, y en ellas se introducen los ejemplares de ensayo en platillos superpuestos y unidos invariablemente por una armadura de latón.

4.° *Duración de los períodos de congelación y temperatura aplicada.*—Se ha adoptado la de cuatro horas, propuesta por la Comisión ya citada, y suficiente para que los efectos de la baja temperatura se hagan sentir en el interior de la piedra. En cuanto a la temperatura, se ha adoptado la comprendida entre —15° y —10°; en Francia y Suiza se emplean temperaturas inferiores en 5°; es decir, comprendidas entre —15° y —20°, justificadas por las temperaturas ambientes más bajas, en general, que en España.

5.° *Número de operaciones de congelación.*—No hay duda que, para ponerse en condiciones verdaderamente naturales, será preciso reiterar la congelación y el deshielo, si no indefinidamente, un número de veces que equivalga a la acción atmosférica prolongada. Este número ha sido fijado en 25 por casi todos los laboratorios y en las normas de los distintos países. Es el adoptado también por nosotros.

6.° *Deshielo.*—Se efectúa, después de cada período de congelación, retirando los ejemplares de la cámara frigorífica y poniéndolos en cubetas de agua destilada (o del Lozoya, casi exenta de sales) a temperatura entre +15° y +25° C., en las cuales permanecen hasta el siguiente período de congelación; esto es, veinte horas cuando se hace una congelación diaria, y ocho si se efectúan dos; en uno y otro caso, tiempo suficiente para el deshielo. Los ejemplares que antes de la vigésimo-

quinta operación presentan alteraciones muy visibles, son retirados y clasificados como heladizos.

7.º *Observación y juicio de los resultados.*—Después de las veinticinco operaciones de congelación y deshielo, las piedras que no han sufrido alteraciones muy visibles son desecadas de nuevo a 100º durante veinticuatro horas y pesadas, a fin de comprobar ese peso con el primitivo; después, se colocan nuevamente en las cubetas con agua a temperatura ambiente, y transcurridos uno o varios días, se ensayan por aplastamiento. Esta última inmersión se practica a fin de comparar la resistencia de los ejemplares sometidos al ensayo de "heladicidad" con la que acusan los que han estado en inmersión durante cuatro semanas; si se ensayaran los ejemplares desecados, su resistencia sería, en muchos casos, superior a la que presentan los *saturados* de agua, y parecería que la acción del hielo los había fortalecido. En las piedras holocristalinas y, en general, en las que absorben muy poca agua, esa precaución es superflua. Las piedras que sufren una considerable pérdida de peso o disminución importante de resistencia deberán ser estimadas como sospechosas de "heladicidad"; *temen las heladas*, según la expresión de Leduc; pero no son clasificadas como heladizas si no presentan alteraciones (degradación, desconchados, grietas, etcétera) muy aparentes a simple vista.

Las pruebas normales de "heladicidad" practicadas como hemos dicho en los párrafos anteriores son consideradas por algunos técnicos, entre ellos Leduc, como excesivamente severas; según este autor, muchas piedras reputadas como *no heladizas* por los constructores y que, como tales, le fueron suministradas para sus ensayos, fueron retiradas de la cámara frigorífica sin haber sufrido las veinticinco congelaciones, y esto con sólo una semana de inmersión a presión atmosférica. Debemos hacer notar, sin embargo, dos circunstancias que califican, según la expresión inglesa, los resultados obtenidos por Leduc: primera, la posibilidad de que el testimonio de los constructores encargados del suministro no fuera del todo desinteresado; segunda, y muy importante, que las treinta y una clases de piedras ensayadas por él son, casi sin excepción, de pequeña densidad aparente, gran porosidad absoluta (relación entre el volumen de huecos y el total) y gran porosidad relativa (volumen de agua absorbida en relación con el total); el pequeño margen que estas piedras dejan para la expansión del agua al congelarse las constituye *a priori* en sospechosas de heladicidad (véase el estado número 2).

La experiencia adquirida durante varios años en este Laboratorio acredita que las normas en él adoptadas no son excesivamente severas, siempre que las piedras estén expuestas en tal forma a la acción

de las lluvias, que puedan absorber cantidades de agua que representen un valor aproximado al de la porosidad absoluta; pero sí, por emplearse en interiores o en paramentos expuestos a las lluvias sólo por una cara, no pudieran absorber agua en la proporción dicha, no deberán desecharse aunque, por ejemplo, alguno de los ejemplares ensayados hubiera sido retirado después de haber sufrido quince o veinte congelaciones. Los resultados que consignamos más adelante, obtenidos con ciento ocho clases de piedra procedentes de todas las regiones de España, justifican, a nuestro entender, que las condiciones del ensayo normal no pecan de excesivamente fuertes. Si al lado de las letras y números con que designamos las canteras, figuraran los nombres de éstas, se vería que, invariablemente, las reputadas como no heladizas entre los constructores no experimentan alteración por el ensayo normal, y que se rinden siempre aquéllas que, por el contrario, se estiman generalmente como peligrosas; entre unas y otras, hay muchas menos conocidas que deben ser juzgadas según los resultados de los ensayos, ya que la validez de éstos queda demostrada por los resultados obtenidos con las canteras, por decirlo así, notorias.

El plan de nuestros experimentos se concretó a la comparación del ensayo normal con el rápido, aumentando las condiciones de severidad del segundo si se observan anomalías; esto es, forzando las cantidades de agua absorbida y el descenso de temperatura cuanto fuere preciso hasta conseguir que toda piedra incapaz de resistir victoriosamente el ensayo lento se rinda también en el rápido; de no alcanzarse esto, el ensayo abreviado no tendría valor ninguno.

Dicho plan fué, en consecuencia, el siguiente:

1.º Se pedirán a las Comandancias de Ingenieros de las distintas regiones españolas de la Península y Baleares seis ejemplares de cada una de las canteras más conocidas en la región, incluyendo, además de las estimadas como buenas, las reputadas de heladizas; estos ejemplares habrán de ser cubos de siete centímetros de arista, con las caras de lecho y sobrelecho labradas a cincel y las restantes con martillina.

2.º Los ejemplares recibidos se marcarán con números correlativos, destinando cuatro a los ensayos y reservando dos como muestra y para ser posibles pruebas ulteriores.

3.º Todos los ejemplares de ensayo serán desecados a 100º pesados, colocados en cubetas con agua destilada y sometidos a la presión pneumática equivalente a la de 260 mm. de mercurio durante 15′, quedando después en inmersión durante siete días a presión atmosférica.

4.º Los ejemplares impares serán introducidos durante cuatro horas en una disolución de cloruro de calcio a 25º Baumé y —10º a —15º C. Transcurrido ese tiempo, se retirarán de la salmuera y se la-

varán rápidamente en chorro de agua, observando después y anotando las alteraciones que presenten. Seguidamente se colocarán los no alterados en grandes depósitos de agua para que, por dilución, pierdan la sal contenida en sus poros.

5.º Las piedras señaladas con número par serán sometidas al ensayo normal de "heladicidad", como explicamos más arriba.

III.—EJECUCION

Comunicado a las distintas Comandancias generales de región el deseo de que remitieran ejemplares de distintas canteras con las condiciones especificadas más arriba, fué atendido por todas ellas con laudable diligencia, y ya en diciembre último se dispuso de dados en número suficiente para ensayo procedentes de las regiones mencionadas en el cuadro número 3 anexo.

El cuadro número 4, también anexo, contiene los nombres de las canteras de donde procedían los ejemplares ensayados o de las poblaciones a cuya inmediación se encuentran.

Comprende el estado 99 localidades (alguna da nombre a dos canteras) de las que proceden las ciento ocho clases de piedra, clasificadas en los grandes grupos siguientes:

Graníticas.
Mármoles de construcción.
Calizas.
Areniscas.
Varias.

Sin constituir el estado número 4 un muestrario completo, ni aun muy nutrido, de las canteras españolas, presenta, sin embargo, suficiente número y variedad para que las consecuencias de su estudio, bajo el aspecto de la "heladicidad", ofrezca, a nuestro entender, un interés real para los constructores de nuestro país; pero, antes de pasar más adelante, hemos de hacer una observación relativa a la utilización de los datos contenidos en esta Memoria. Es posible que en ella aparezca como heladizo alguno o algunos ejemplares procedentes de canteras reputadas ordinariamente como no heladizas; si ese resultado corresponde a un ensayo normal, nosotros les adjudicaríamos sin dudar el calificativo de heladizas, pero sólo, como dijimos más arriba, si por su situación en la obra pueden absorber cantidades de agua equivalentes a lo que práctica, aunque inexactamente, se llama saturación; en otra situación, o en interiores, podrán ser empleados sin peligro.

Todos los ejemplares que habían de ser sometidos a ensayo fueron, como se ha dicho ya, desecados a 100° durante veinticuatro horas y pesados inmediatamente, con los resultados cuyos promedios para cubos pares e impares pueden verse en el estado número 5. Este mismo estado contiene también los promedios de agua absorbida, en absoluto y por ciento del peso; debemos, sin embargo, hacer la aclaración de que los cubos impares de las designaciones *a* a *j* inclusive sólo permanecieron en el agua durante veinticuatro horas, pero no en inmersión total, sino gradual, con arreglo al procedimiento recomendado por Leduc para heladura rápida; las escasas cantidades absorbidas hicieron comprender, en vista de los numerosos datos que, acerca de ese punto, contiene la Memoria del Coronel Marvá, que la inmersión en la salmuera, en esas condiciones, sería ineficaz y no permitiría deducir consecuencias respecto a la resistencia de las piedras a las heladas. Se decidió, por consiguiente, someter todas las piedras, a partir de las designadas con la letra *k* inclusive, a la presión de 260 mm. de mercurio durante 15′ y a la atmosférica durante siete días, en uno y otro caso totalmente sumergidas; los cubos pares *a* a *j* fueron tratados del mismo modo, y todas fueron pesadas a los siete días de inmersión.

Las piedras impares fueron introducidas seguidamente en la disolución de cloruro de calcio a 25° Baumé y —10° a —15° C. durante cuatro horas; las pares sufrieron veinticinco operaciones de congelación y deshielo en las condiciones especificadas más arriba. Los resultados obtenidos en esta primera serie de pruebas se resumen como sigue:

Piedras no heladizas por ningún procedimiento...	69
Idem heladizas por ambos procedimientos.........	24
Idem heladizas por el procedimiento normal y no en el rápido....................................	7
Idem heladizas por el procedimiento rápido y no en el lento....................................	8

Los estados números 6 y 7 dan a conocer las clases de piedra a que se refieren las cifras anteriores.

Resulta de lo dicho que, si se limita la presión a 260 mm. de mercurio y la temperatura a —15°, podrá ocurrir que algunas piedras heladizas, según el procedimiento normal, es decir, en absoluto heladizas, no lo serían según el procedimiento rápido, y en este caso, la práctica de tal procedimiento no conduciría a resultados de ninguna utilidad, ya que, siendo favorable para la piedra ensayada, no nos permitiría inducir que no era heladiza. Era, por tanto, preciso ensayar nuevamente las siete clases de piedra que habían sufrido el ensayo rápido sin alteración, habiéndola tenido en el lento, pero no reiterando simplemente las

operaciones, sino forzando las condiciones de temperatura y presión o, por mejor decir, depresión.

Los cubos impares de las siete canteras citadas en el estado número 7 fueron colocados durante siete días en pilas con gran cantidad de agua que se renovaba con frecuencia, a fin de que, por dilución, perdieran casi totalmente la sal introducida en sus poros, quedando de este modo en condiciones para sufrir un nuevo ensayo. Estas piedras en inmersión fueron sometidas seguidamente a una depresión equivalente a la de una columna de 60 mm. de mercurio durante 15′ y a presión atmosférica durante siete días, introduciéndolas, recién extraídas del agua, en la disolución de cloruro de calcio a la temperatura de —20° C, y en ella permanecieron durante cuatro horas. Al extraerlas, se vió que todas, a excepción de las a 1 y a 3, habían quedado divididas en dos o más trozos por la acción del hielo.

Parece ser, según esto, que sólo una piedra, heladiza según el procedimiento lento, no lo es con el rápido, ni aun extremando la severidad del ensayo, y que, en consecuencia, las garantías del procedimiento abreviado no son absolutas; no ocurre así, sin embargo. Procedimos a examinar los cinco ejemplares de la piedra *a* ensayados, y advertimos que, todos ellos, à excepción del número 2, eran piedras calizas de gran densidad y dureza, algo coquerosas, muy semejantes por su aspecto y constitución a las de la piedra de Colmenar; estos cuatro ejemplares no son heladizos por ningún procedimiento; en cambio, el ejemplar 2, casi deshecho por el ensayo lento, tiene el aspecto de una marga arcillosa, exenta de coqueras y de constitución absolutamente distinta de la que presentan los otros cuatro. Se infiere que la cantera de donde fueron extraídas presenta, como es frecuente, bancos heladizos y no heladizos, y, según que las muestras remitidas para ensayo pertenecen a unos u otros, las consecuencias son distintas; de donde se deduce la necesidad de ensayar ejemplares de distintos bancos y particularmente de aquellos que, por su aspecto y pequeña densidad, sean sospechosos de no resistir la acción de las heladas.

IV.—CONCLUSIONES

De todo lo expuesto, pueden deducirse las siguientes conclusiones que ofrecen quizá utilidad práctica para los constructores:

Primera. El ensayo de resistencia a las heladas practicado con cubos de siete centímetros de arista, desecados a 100° durante veinticuatro horas; colocados seguidamente en cubetas con agua destilada; sometidos durante 15′ a una presión neumática que equilibre la de una

columna de mercurio de 260 mm. de altura y durante siete días a la presión de la atmósfera; extraídos, por último, del agua y sometidos en cámaras frigoríficas durante cuatro horas a temperaturas comprendidas entre —10° C. y —15° C. seguidas de una inmersión de cuatro horas como mínimo en cubetas de agua entre +15° y +25° C. para deshielo, repitiendo la congelación y el deshielo veinticinco veces, ofrece garantías suficientes de que los ejemplares ensayados no son heladizos, siempre que la serie de pruebas no cause alteración sensible en forma de grietas, degradaciones, pérdidas de peso o disminución importante de resistencia al aplastamiento.

SEGUNDA. El ensayo de resistencia a las heladas practicado con cubos de siete centímetros de arista, desecados a 100° C. durante veinticuatro horas; colocados seguidamente en cubetas con agua destilada; sometidos durante 15' a una presión neumática que equilibre la de una columna de mercurio de 60 mm. de altura y durante siete días a la presión de la atmósfera; extraídos, por último, del agua e introducidos bruscamente en una disolución de cloruro de calcio a 25° Baumé y —20° C., en la que se dejan durante cuatro horas, retirándolas después, y lavándolas en chorro de agua, ofrece garantías suficientes de que las piedras ensayadas no son heladizas, siempre que la prueba practicada no cause alteración sensible en forma de grietas, degradaciones, pérdidas de peso o disminución importante de resistencia al aplastamiento. Si los ejemplares no resisten la prueba rápida, serán ensayados por el procedimiento normal.

V.—PROPOSICION

Se ruega al Congreso se sirva declarar la utilidad de los ensayos abreviados de "heladicidad" como se describen en esta comunicación, y estimule el interés de los laboratorios nacionales en los ensayos de este género, para que confirmen o impugnen las conclusiones apuntadas, a fin de que en el próximo Congreso de Ingeniería, o en el de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, puedan dictarse reglas unificadas para la ejecución de las pruebas de "heladicidad".

ESTADO NÚMERO 1

Comparación entre los °/₀ de agua absorbida a la presión atmosférica y a la de 260 mm. de mercurio. (Cada número expresa el promedio de cuatro ejemplares.)

Piedras.	Peso específico.	POROSIDAD °/₀		AGUA ABSORBIDA °/₀		CALIFICACIÓN
		Absoluta. (1)	Relativa. (2)	En cuatro semanas de inmersión natural.	Con 15' de presión a 260 mm. y siete días de inmersión natural.	
1.ª	2,88	21,5	16,5	7,30	5,40	No heladiza.
2.ª	2,70	17,4	14,1	6,00	5,20	Heladiza.
3.ª	2,74	1,6	0,4	0,10	0,12	No heladiza.
4.ª	2,70	5,9	3,7	1,45	1,13	Heladiza.
5.ª	2,64	14,7	11,5	5,30	4,50	No heladiza.
6.ª	2,71	0,7	0,4	0,15	0,15	Idem.
7.ª	2,64	18,5	14,3	6,70	7,10	Algo heladiza.
8.ª	2,76	13,4	6,8	2,83	3,90	No heladiza.
9.ª	2,69	4,4	2,8	1,10	1,45	Idem.
10.ª	2,70	18,8	13,3	6,00	5,80	Idem.
11.ª	2,73	13,5	9,9	4,20	4,70	Algo heladiza.
12.ª	2,77	16,2	15,3	6,50	6,50	Idem.
13.ª	2,77	28,5	21,0	10,50	10,45	Idem.
14.ª	2,72	21,4	13,4	5,90	6,80	No heladiza.
15.ª	2,68	8,2	7,9	3,21	2,38	Algo ídem.
16.ª	2,71	2,6	1,6	0,61	0,63	No heladiza.
17.ª	2,63	35,0	29,7	18,48	18,70	Heladiza.
18.ª	2,68	3,7	3,3	1,28	0,79	No heladiza.
19.ª	2,65	21,9	19,3	9,34	8,66	Heladiza.
20.ª	2,68	16,0	12,0	5,35	5,75	Algo ídem.
21.ª	2,73	38,1	32,1	18,90	19,10	Heladiza.
22.ª	2,70	33,0	22,2	12,28	14,35	Algo ídem.
23.ª	2,70	1,5	1,2	0,47	0,22	Idem.
24.ª	2,69	17,3	11,9	5,34	6,06	Idem.
25.ª	2,70	18,0	15,1	6,87	7,45	Idem.
26.ª	2,70	15,6	12,3	5,41	5,30	Idem.
27.ª	2,69	15,9	11,9	5,28	4,54	Idem.
28.ª	2,68	14,8	11,0	4,81	4,47	Idem.
29.ª	2,69	27,5	17,4	8,94	8,08	Idem.
30.ª	2,65	1,4	1,0	0,41	0,38	Idem.
31.ª	2,65	17,7	16,4	7,52	7,10	Algo heladiza.
32.ª	2,71	29,5	23,0	12,10	14,00	Heladiza.

Promedio de absorción con veintiocho días de inmersión....... 5,95
Idem de íd. con presión de 260 mm. de mercurio............. 5,97

(1) El °/₀ de porosidad absoluta está definido por la expresión $\frac{P-D}{P} \times 100$. (P y D designan el peso específico y la densidad aparente.)

(2) El °/₀ de porosidad relativa está definido por la expresión $\frac{V-C}{V} \times 100$. (V y C designan el volumen total de la piedra y el de agua absorbida en veintiocho días de inmersión natural.)

ESTADO NÚMERO 2

Caracteres físicos de las piedras ensayadas por M. E. Leduc.

NÚMERO DE ORDEN	PESO ESPECÍFICO	DENSIDAD APARENTE	POROSIDAD ABSOLUTA % (1)
1.ª	2,68	2,43	9,1
2.ª	»	2,29	»
3.ª	2,66	2,16	18,7
4.ª	2,68	2,13	20,6
5.ª	2,69	2,04	23,9
6.ª	2,69	2,06	23,3
7.ª	2,50	2,26	9,5
8.ª	2,69	2,25	16,5
9.ª	2,68	1,75	34,5
10.ª	2,67	1,61	39,8
11.ª	2,68	1,71	35,8
12.ª	2,70	1,80	33,2
13.ª	2,69	1,90	29,2
14.ª	2,67	2,14	19,5
15.ª	2,68	1,76	34,5
16.ª	2,68	2,23	16,8
17.ª	2,69	2,40	11,0
18.ª	2,70	2,08	22,7
19.ª	2,70	2,00	25,9
20.ª	2,69	1,73	35,3
21.ª	2,70	1,75	35,2
22.ª	2,70	1,70	36,7
23.ª	2,70	1,61	40,2
24.ª	2,67	1,67	37,6
25.ª	2,67	1,62	39,1
26.ª	2,70	1,58	41,4
27.ª	2,68	1,60	40,4
28.ª	2,67	1,68	37,2
29.ª	2,67	1,62	39,2
30.ª	2,68	1,63	39,2
31.ª	2,68	1,50	43,9

(1) Es de advertir que los valores dados por M. E. Leduc para las porosidades absolutas son sólo las diferencias entre los pesos específicos y las densidades aparentes; estas diferencias, P — D, se han dividido por P y multiplicado por 100 para obtener los % de porosidad absoluta.

ESTADO NÚMERO 3

Regiones o posesiones en donde están situadas las canteras que han suministrado los ejemplares ensayados.

REGIÓN	PROVINCIA O POSESIÓN	NÚMERO DE CANTERAS
Galicia	Coruña	3
	Pontevedra	3
Vascongadas	Guipúzcoa	8
	Alava	4
	Vizcaya	1
Cataluña	Gerona	2
	Lérida	4
	Tarragona	4
	Barcelona	4
Valencia	Alicante	5
	Murcia	1
Andalucía	Córdoba	2
	Almería	2
	Sevilla	4
	Cádiz	9
Castilla la Nueva	Madrid	4
	Guadalajara	3
	Toledo	1
Castilla la Vieja	Segovia	4
	Burgos	6
León	Valladolid	2
	Salamanca	3
Aragón	Huesca	4
Extremadura	Badajoz	1
Baleares	Baleares	6
Africa	Africa	10

ESTADO NÚMERO 4

Nombres de las canteras y provincias o posesión en que están situadas.

PROVINCIAS	NOMBRES
Coruña	Ulló. Matamá. Moeche.
Pontevedra	Albeiros. Tomeza. San Mauro.
Guipúzcoa	Ulía. Guadalupe. Igueldo Amarilla. Idem Azul. Albistur. San Sebastián. Motrico. Deva.
Alava	Puerto de Arlabán. Arboró-Atauri (dos muestras). Fontecha.
Vizcaya	Yurre.
Gerona	Gerona. Figueras.
Lérida	Allés. Floresta. Montblanch. Vinaxa.
Tarragona	Aigüeros. Vilaseca. Sibinosa. Llisós.
Barcelona	Montjuich, blancacho. Idem de Raix. Calafell. Manresa.
Alicante	Novelda. Alicante. Novelda. Villena. Bateig-Novelda.
Murcia	Azul.
Córdoba	Piedra franca del país. Puente-Genil.
Almería	Rodalquilar. San José.
Sevilla	Luque, caliza. Posada. Luque, blanda. Estepa.

PROVINCIAS	NOMBRES
Cádiz	Puerto de Santa María.
	Playa de la Caleta.
	Colegial.
	Conejo.
	La Mujer.
	Caserío de Ossío.
	Los Guijos.
	Pelayo.
	Almoraima.
Madrid	Morata de Tajuña.
	Colmenar de Oreja.
	Guadalupe de la Sierra.
	Corpas.
Guadalajara	Giebes.
	Tamajón.
	Horche.
Toledo	La Rosa.
Segovia	Otero de Herreros.
	Vegas de Matute.
	Bermuy de Porreros.
	Idem de íd., encarnada.
Burgos	Miranda.
	Carcedo (A).
	Carcedo (B).
	Hurones.
	Ibeas, blanca.
	Hontoria.
Valladolid	Villanubla.
	Campaspero.
Salamanca	Ciudad-Rodrigo.
	Villavieja.
	Salamanca.
Huesca	Rapitán.
	Santa Cruz.
	Del Pueyo.
	De la Sagüita.
Badajoz	Badajoz.
Baleares	Santañy.
	Porreras.
	Coll d'en Rabasa.
	Alcaufar.
	Villacarlos.
Africa	Curnía.
	Tejar de Ingenieros.
	Benzu.
	Puerto.
	Arroyo del Infierno.
	Arroyó de las Colmenas.
	Alcazaba.
	Mallorca.
	Loma de la Silla.
	Lazareto.
	Lazareto (asperón).

ESTADO NÚMERO 5

Cantidades de agua absorbidas por los ejemplares ensayados al empezar la prueba de "heladicidad". (Las piedras *a* a *j* estuvieron veinticuatro horas en inmersión natural; todos los demás fueron sometidos a presión de 260 mm. durante quince minutos y siete días de inmersión natural.)

EJEMPLARES		Peso después de desecadas a 100° durante 24 h.	Agua absorbida. (*g*)	o/o de agua referido al peso.
a.........	Impares	914,10	9,12	0,99
	Pares	899,55	20,28	2,24
b.........	Impares	814,02	41,70	5,13
	Pares	838,02	38,87	4,66
c.........	Impares	816,76	28,73	5,51
	Pares	868,33	23,79	2,70
d.........	Impares	818,64	21,77	2,67
	Pares	845,05	5,79	0,68
e.........	Impares	605,35	35,36	5,34
	Pares	613,27	17,92	2,92
f.........	Impares	524,85	117,01	22,29
	Pares	523,54	87,74	16,75
g.........	Impares	558,79	116,39	20,82
	Pares	553,41	92,56	17,61
h.........	Impares	548,47	110,04	20,05
	Pares	547,52	98,53	17,99
i.........	Impares	864,82	26,80	3,15
	Pares	868,85	23,54	2,70
j.........	Impares	825,90	33,44	4,05
	Pares	822,10	27,41	3,33
k.........	Impares	805,46	35,44	4,39
	Pares	836,32	29,66	3,54
l.........	Impares	773,38	47,42	6,13
	Pares	772,97	46,15	5,97
m.........	Impares	892,82	33,56	3,75
	Pares	885,25	32,66	3,68
n.........	Impares	790,24	33,89	4,28
	Pares	779,98	33,29	4,26
o.........	Impares	705,68	82,65	11,71
	Pares	652,59	73,62	11,28
p.........	Impares	847,12	55,28	6,52
	Pares	846,36	57,78	6,82
q.........	Impares	732,21	59,01	8,05
	Pares	741,07	58,76	7,92
r.........	Impares	870,37	23,23	2,66
	Pares	895,97	25,37	2,83
s.........	Impares	900,60	1,60	0,177
	Pares	917,87	1,58	0,172
t.........	Impares	917,18	0,48	0,052
	Pares	922,53	0,34	0,036

EJEMPLARES		Peso después de desecadas a 100° durante 24 h.	Agua absorbida. (*g*)	o/o de agua referido al peso.
u	Impares	944,85	1,34	0,141
	Pares	955,88	1,35	0,141
v	Impares	925,08	0,76	0,090
	Pares	941,61	0,91	0,096
x	Impares	921,72	1,83	0,198
	Pares	945,84	2,59	0,273
y	Impares	665,43	79,26	11,91
	Pares	689,72	72,84	10,42
z	Impares	714,46	49,76	6,96
	Pares	654,60	58,52	8,93
w	Impares	705,23	48,22	6,84
	Pares	808,76	29,91	3,69
I	Impares	669,00	89,56	13,38
	Pares	657,06	112,22	17,07
II	Impares	827,51	32,05	3,87
	Pares	829,30	30,12	3,63
III	Impares	1005,71	4,95	0,492
	Pares	1006,05	4,97	0,494
IV	Impares	711,22	93,52	13,14
	Pares	713,87	94,18	13,19
V	Impares	636,49	103,21	16,21
	Pares	654,93	103,10	15,74
VI	Impares	777,48	58,42	7,51
	Pares	782,28	56,89	7,27
VII	Impares	853,05	31,78	3,72
	Pares	855,79	31,68	3,70
VIII	Impares	959,26	1,30	0,135
	Pares	948,36	1,30	0,137
IX	Impares	785,16	48,72	6,20
	Pares	761,88	53,64	7,04
X	Impares	779,24	51,58	6,61
	Pares	773,97	54,10	6,98
XI	Impares	628,72	94,18	14,97
	Pares	714,65	70,51	9,86
XII	Impares	684,24	76,35	11,15
	Pares	642,59	74,87	11,65
XIII	Impares	873,94	13,44	1,53
	Pares	872,04	13,88	1,58
XIV	Impares	840,55	18,44	2,19
	Pares	832,17	19,75	2,37
XV	Impares	895,95	1,52	0,169
	Pares	913,18	1,60	0,175
XVI	Impares	778,75	30,63	3,93
	Pares	790,84	31,19	3,94
XVII	Impares	882,05	11,89	1,34
	Pares	859,34	13,29	1,54
XVIII	Impares	987,23	1,25	0,126
	Pares	963,85	1,30	0,134
XIX	Impares	815,43	40,31	4,94
	Pares	821,01	34,94	4,25

EJEMPLARES		Peso después de desecadas a 100° durante 24 h.	Agua absorbida. (g)	o/o de agua referido al peso.
XX	Impares	798,24	45,13	5,65
	Pares	757,70	45,15	5,96
XXI	Impares	941,61	2,52	0,267
	Pares	934,67	2,07	0,221
XXII	Impares	938,03	2,22	0,236
	Pares	966,51	1,93	0,199
XXIII	Impares	555,43	122,13	21,98
	Pares	551,04	120,84	21,92
XXIV	Impares	896,91	14,66	1,63
	Pares	901,66	13,82	1,53
XXV	Impares	903,27	2,56	0,283
	Pares	943,83	2,81	0,297
XXVI	Impares	758,36	63,00	8,30
	Pares	771,48	66,02	8,55
XXVII	Impares	800,12	46,98	5,87
	Pares	801,61	50,00	6,23
XXVIII	Impares	585,52	116,59	19,91
	Pares	594,88	121,86	20,48
XXIX	Impares	898,45	25,33	2,81
	Pares	890,35	25,84	2,90
XXX	Impares	783,16	60,09	7,67
	Pares	807,92	57,05	7,06
XXXI	Impares	928,82	9,03	0,97
	Pares	934,29	4,88	0,52
XXXII	Impares	897,31	13,47	1,50
	Pares	897,28	12,30	1,37
XXXIII	Impares	954,60	1,89	0,19
	Pares	990,12	1,48	0,14
XXXIV	Impares	941,77	1,05	0,11
	Pares	933,01	1,05	0,11
XXXV	Impares	883,70	1,87	0,18
	Pares	923,83	2,25	0,24
XXXVI	Impares	836,88	21,73	2,59
	Pares	859,16	15,82	1,84
XXXVII	Impares	792,64	64,00	8,07
	Pares	792,11	53,53	6,75
XXXVIII ...	Impares	873,26	11,91	1,36
	Pares	886,14	10,24	1,15
XXXIX	Impares	848,50	20,15	2,37
	Pares	861,08	19,49	2,26
XL	Impares	896,60	12,59	1,40
	Pares	889,31	13,48	1,51
XLI	Impares	830,22	14,85	1,78
	Pares	876,57	13,64	1,55
XLII	Impares	734,54	53,07	7,22
	Pares	733,79	66,16	9,01
XLIII	Impares	861,56	4,88	0,56
	Pares	840,45	4,25	0,50
XLIV	Impares	855,91	89,17	10,41
	Pares	845,61	91,16	10,78

EJEMPLARES		Peso después de desecadas a 100° durante 24 h.	Agua absorbida. (g)	o/o de agua referido al peso.
XLV	Impares	883,48	34,74	3,93
	Pares	870,47	38,22	4,39
XLVI	Impares	787,50	33,35	4,23
	Pares	749,87	37,37	4,98
XLVII	Impares	565,66	112,47	19,88
	Pares	564,64	109,20	19,33
XLVIII	Impares	553,29	126,05	22,78
	Pares	530,80	133,59	25,16
XLIX	Impares	510,47	122,85	24,06
	Pares	537,96	122,96	23,41
L	Impares	908,03	7,88	0,86
	Pares	973,92	5,48	0,56
LI	Impares	943,27	1,88	0,19
	Pares	955,25	2,36	0,24
LII	Impares	848,13	33,12	3,90
	Pares	821,94	32,92	4,00
LIII	Impares	821,43	29,78	3,62
	Pares	847,25	28,96	3,41
LIV	Impares	607,31	101,45	16,70
	Pares	665,04	110,58	16,62
LV	Impares	620,65	90,83	14,63
	Pares	606,00	87,27	14,40
LVI	Impares	556,99	67,79	12,17
	Pares	563,49	68,59	12,17
LVII	Impares	384,55	59,18	15,38
	Pares	393,47	53,48	13,59
LVIII	Impares	598,78	61,45	10,26
	Pares	522,92	51,87	9,91
LIX	Impares	571,02	102,16	17,89
	Pares	561,75	103,05	18,02
LX	Impares	620,60	96,73	15,58
	Pares	642,23	91,14	14,19
LXI	Impares	588,87	102,49	17,40
	Pares	610,03	104,69	17,16
LXII	Impares	611,56	46,27	7,56
	Pares	623,32	49,57	7,95
LXIII	Impares	894,39	19,96	3,22
	Pares	847,07	27,33	2,23
LXIV	Impares	914,58	16,34	1,78
	Pares	890,86	22,65	2,54
LXV	Impares	551,53	140,00	25,38
	Pares	550,62	136,31	24,75
LXVI	Impares	804,91	47,94	5,95
	Pares	804,28	45,12	5,60
LXVII	Impares	814,91	46,80	5,74
	Pares	766,63	59,71	7,78
LXVIII	Impares	755,80	52,74	6,97
	Pares	780,51	52,87	6,77
LXIX	Impares	812,18	37,05	4,56
	Pares	786,77	37,17	4,72

EJEMPLARES		Peso después de desecadas a 100° durante 24 h.	Agua absorbida. (g)	o/o de agua referido al peso.
LXX	Impares	808,33	35,19	4,35
	Pares	805,75	35,39	4,39
LXXI	Impares	931,41	5,56	0,596
	Pares	899,22	7,16	0,796
LXXII	Impares	933,33	8,05	0,862
	Pares	940,31	4,66	0,495
LXXIII	Impares	895,27	15,74	1,75
	Pares	884,29	16,83	1,90
LXXIV	Impares	930,03	1,81	0,194
	Pares	953,74	1,18	0,123
LXXV	Impares	963,85	2,24	0,232
	Pares	931,95	3,47	0,372
LXXVI	Impares	904,98	14,89	1,64
	Pares	839,36	27,39	3,26
LXXVII	Impares	952,17	0,97	0,101
	Pares	937,33	7,20	9,7681
LXXVIII	Impares	925,56	1,98	0,2139
	Pares	911,33	3,01	0,33
LXXIX	Impares	835,68	13,30	1,59
	Pares	831,84	16,24	1,95
LXXX	Impares	909,46	1,54	0,169
	Pares	901,95	1,77	0,196
LXXXI	Impares	936,09	1,26	0,134
	Pares	932,48	1,11	0,119
LXXXII	Impares	801,33	27,30	3,406
	Pares	834,55	27,43	3,286

ESTADO NÚMERO 6

Ejemplares remitidos para la ejecución de los ensayos y calificación, según los resultados obtenidos.

Número de ejemplares. Recibidos...	Número de ejemplares. Ensayados.	NATURALEZA	MARCA con que se designan	CALIFICACIÓN SEGÚN LOS RESULTADOS: En ensayo normal.	CALIFICACIÓN SEGÚN LOS RESULTADOS: En ensayo abreviado, con 260 mm. de presión y —10° a —15°.	CALIFICACIÓN SEGÚN LOS RESULTADOS: En ensayo abreviado, con 60 mm. de presión y —15° a —20°
5	4	Caliza............	*a*..........	Heladiza..........	No heladiza.......	No heladiza
5	4	Idem..............	*b*..........	Idem..............	Heladiza..........	
5	4	Idem..............	*c*..........	No heladiza.......	No heladiza.......	
5	4	Idem..............	*d*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Arenisca..........	*e*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Idem..............	*f*..........	No ídem...........	Heladiza..........	
5	4	Idem..............	*g*..........	No ídem...........	Idem..............	
5	4	Idem..............	*h*..........	No ídem...........	Idem..............	
5	4	Caliza............	*i*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Arenisca..........	*j*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Caliza............	*k*..........	No ídem...........	Heladiza..........	
5	4	Idem..............	*l*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Arenisca..........	*m*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Caliza............	*n*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Arenisca..........	*o*..........	No ídem...........	Heladiza..........	
5	4	Idem..............	*p*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Idem..............	*q*..........	No ídem...........	Algo ídem.........	
5	4	Idem..............	*r*..........	No ídem...........	No heladiza.......	
5	4	Caliza............	*s*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Caliza marmórea	*t*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Idem..............	*u*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Mármol............	*v*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Idem..............	*x*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Caliza............	*y*..........	Heladiza..........	Heladiza..........	
5	4	Arenisca..........	*z*..........	Idem..............	Idem..............	
5	4	Idem..............	*w*..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Idem..............	I..........	Heladiza..........	Heladiza..........	
5	4	Caliza............	II..........	No heladiza.......	No ídem...........	
8	6	Idem..............	III..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Caliza............	IV..........	Heladiza..........	Heladiza..........	
5	4	Idem..............	V..........	Idem..............	Idem..............	
5	4	Idem..............	VI..........	No ídem...........	Algo ídem.........	
5	4	Idem..............	VII..........	Heladiza..........	Heladiza..........	
8	6	Mármol............	VIII..........	No ídem...........	No ídem...........	
8	7	Arenisca..........	IX..........	Algo ídem.........	No ídem...........	Heladiza.
8	6	Idem..............	X..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Caliza............	XI..........	No ídem...........	Algo ídem.........	

Número de ejemplares. Recibidos...	Número de ejemplares. Ensayados.	NATURALEZA	MARCA con que se designan	CALIFICACIÓN SEGÚN LOS RESULTADOS En ensayo normal.	En ensayo abreviado, con 260 mm. de presión y —10° a —15°.	En ensayo abreviado, con 60 mm. de presión y —15° a —20°
5	4	Arenisca...........	XII........	Algo heladiza....	Algo heladiza...,..	
8	6	Granito.	XIII.......	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Idem................	XIV.......	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Caliza..............	XV.........	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Arenisca...........	XVI.......	Heladiza...........	Heladiza...........	
8	6	Caliza..............	XVII......	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Idem................	XVIII....	No ídem...........	No ídem...........	
7	6	Arenisca...........	XIX.......	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Idem................	XX........	Algo ídem.........	Heladiza...........	
8	6	Caliza..............	XXI.......	No heladiza.......	No ídem...........	
8	6	Idem................	XXII......	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Arenisca...........	XXIII....	Heladiza...........	Heladiza...........	
8	6	Caliza..............	XXIV.....	No heladiza.......	No ídem...........	
8	6	Idem................	XXV......	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Arenisca...........	XXVI.....	Algo ídem.........	Heladiza...........	
8	6	Idem................	XXVII...	No heladiza.......	No ídem...........	
8	6	Idem................	XXVIII..	Heladiza...........	Heladiza...........	
8	6	Idem................	XXIX.....	Idem................	Idem................	
8	6	Idem................	XXX......	Algo ídem.........	Idem................	
8	6	Idem................	XXXI.....	No heladiza.......	No ídem...........	
8	6	Idem................	XXXII...	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Mármol.............	XXXIII..	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Caliza..............	XXXIV..	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Idem................	XXXV...	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Arenisca...........	XXXVI..	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Caliza..............	XXXVII.	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Granito	XXXVIII	No ídem...........	No ídem...........	
6	5	Idem................	XXXIX...	No ídem...........	No ídem...........	
7	6	Idem................	XL.........	No ídem...........	No ídem...........	
9	7	Idem................	XLI........	No ídem...........	No ídem...........	
8	7	Conglomerado...	XLII......	No ídem...........	No ídem...........	
9	6	Granito	XLIII.....	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Arenisca...........	XLIV.....	Algo ídem.........	Heladiza...........	
5	4	Caliza..............	XLV......	Heladiza...........	Idem................	
8	6	Conglomerado...	XLVI.....	No heladiza.......	No ídem...........	
12	6	Caliza..............	XLVII....	Heladiza...........	Heladiza...........	
12	6	Arenisca...........	XLVIII...	Algo ídem.........	Idem................	
12	6	Idem................	XLIX.....	Heladiza...........	Idem................	
8	6	Caliza..............	L...........	No ídem...........	No ídem...........	
8	6	Idem................	LI..........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Idem................	LII.........	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Idem................	LIII.......	No ídem...........	No ídem...........	
5	4	Arenisca...........	LIV.......	Heladiza...........	Heladiza...........	
4	3	Idem................	LV........	Idem................	Idem	
5	4	Idem................	LVI.......	No heladiza.......	No ídem...........	
6	5	Idem................	LVII......	Heladiza...........	Heladiza...........	

Número de ejemplares. Recibidos...	Número de ejemplares. Ensayados.	NATURALEZA	MARCA con que se designan	CALIFICACIÓN SEGÚN LOS RESULTADOS: En ensayo normal.	En ensayo abreviado, con 260 mm. de presión y —10° a —15°.	En ensayo abreviado, con 60 mm. de presión y —15° a —20°
8	6	Conglomerado...	LVIII.....	No heladiza......	No heladiza......	
8	7	Arenisca...........	LIX........	Heladiza...........	No ídem............	Heladiza.
8	7	Idem................	LX..........	Idem.................	No ídem............	Idem.
8	6	Idem................	LXI.........	No ídem............	No ídem............	
16	8	Conglomerado...	LXII........	No ídem............	No ídem............	
8	6	Caliza..............	LXIII.......	Heladiza...........	No ídem............	Idem.
8	6	Idem................	LXIV.......	No ídem............	No ídem............	
8	6	Idem................	LXV.........	Heladiza...........	No ídem............	Idem.
8	6	Idem................	LXVI.......	No ídem............	No ídem............	
8	6	Idem................	LXVII......	Heladiza...........	No ídem............	Idem.
7	6	Idem................	LXVIII....	Idem.................	Heladiza...........	
6	4	Idem................	LXIX.......	No heladiza......	No ídem............	
6	4	Idem...	LXX.........	No ídem............	No ídem............	
7	6	Idem................	LXXI.......	No ídem............	No ídem............	
8	6	Idem................	LXXII......	No ídem............	No ídem............	
8	6	Pizarra	LXXIII.....	No ídem............	No ídem............	
8	6	Caliza marmórea	LXXIV.....	No ídem............	No ídem............	
8	6	Granito	LXXV.......	No ídem............	No ídem............	
8	6	Caliza.	LXXVI......	No ídem............	No ídem............	
8	6	Mármol.............	LXXVII....	No ídem............	No ídem............	
8	6	Caliza.	LXXVIII	No ídem............	No ídem............	
8	6	Idem................	LXXIX.....	No ídem............	No ídem............	
8	6	Idem................	LXXX.......	No ídem............	No ídem............	
8	6	Idem................	LXXXI.....	No ídem............	No ídem............	
8	6	Arenisca...........	LXXXII....	No ídem............	No ídem............	

ESTADO NUMERO 7

Resultados obtenidos en el ensayo rápido a temperaturas entre —15° y —20° C. e imbibición a presión de 60 mm. de mercurio. (Estos ejemplares son heladizos por el procedimiento normal, y no por el rápido, a temperaturas entre —10° y —15°, e imbibición en 260 mm. de mercurio.)

EJEMPLARES	AGUA ABSORBIDA		RESULTADOS OBTENIDOS
	Con 260 mm.	Con 60 mm.	
A.—Impares.	9,12	10,17	Sin alteración.
IX.— Idem	48,72	50,67	Una piedra con grieta grande y otra rota.
LIX.— Idem	102,16	106,05	Dos piedras rotas.
LX.— Idem	96,73	102,25	Tres piedras rotas.
LXIII.— Idem	19,96	21,58	Una piedra rota.
LXV.— Idem	140,00	144,45	Tres piedras rotas.
LXVIII.— Idem....	46,80	50,56	Dos piedras rotas.

Es aprobada íntegramente la conclusión del ponente, proponiendo que el método que preconiza sea estudiado por los demás laboratorios, con el fin de llegar a la unificación de los ensayos.

El Sr. PRESIDENTE dice interpretar el sentir de la Asamblea felicitando al autor del trabajo; y, después de reseñar el orden del día de la sesión de mañana, declara levantada la presente. Eran las doce horas y cuarenta y cinco minutos de la mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 19 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las once horas y quince minutos de la mañana.

El P. NAVARRO NEUMANN, S. J., lee una Memoria suya, cuyo contenido es el siguiente:

"MACROTREROMETRO P. J. GRANERO, S. J.

Por el P. NAVARRO NEUMANN, S. J.

Entre las principales aplicaciones de la Sismología a la Ingeniería y a la Arquitectura, figura el empleo del sismógrafo, convenientemente modificado, en provecho de estas dos nobles profesiones, indispensables para la vida de los pueblos. Como director, desde hace varios años, de una estación sismológica, y un tanto aficionado, y aun forzado por las circunstancias a salir de la marcha rutinaria, que todo lo subordina, y aun cifra, a la redacción del Boletín, por cierto de utilidad muy escasa en la mayoría de los casos, desde los comienzos hube de ocuparme en la construcción de nuevos aparatos; uno de éstos, de bien modesta, por no decir insignificante apariencia, pero que parece susceptible de numerosas aplicaciones prácticas, será objeto de esta breve comunicación.

Salido de los talleres de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada), que forma parte del Observatorio Astronómico, Geodinámico y Meteorológico del mismo nombre, que es el que llevan los otros instrumentos, también originales, de igual procedencia, con éste y con otro anterior, he preferido honrar la santa memoria del fundador del centro científico antes mencionado, R. P. Juan de la Cruz Granero, S. J., creyendo cumplir con ello un sagrado deber de gratitud.

Combinando principios harto conocidos, gracias a los cuales pueden exaltarse, o eliminarse, según convenga, algunas de sus propiedades, sus aplicaciones son tan numerosas como variadas, a pesar de su extremada sencillez, escasas dimensiones, facilísimo empleo y cómodo transporte.

Su nombre de *Macrotrerómetro* claramente indica su objeto primor-

dial, siguiendo rigurosamente la etimología griega: "medir los grandes estremecimientos"; más propiamente: "registrar los dichos movimientos en condiciones de poder determinar sus ritmos y amplitudes"; lo que ciertamente constituye su principal finalidad. Sin embargo, si nos aprovechamos del fenómeno de las resonancias, fácil de provocar, cuando el estremecimiento que se pretenda registrar gráficamente sea armónico, y su ritmo esté comprendido entre los que sea susceptible de proporcionar el aparato, como en los más de los motores fijos, todavía se podrá utilizar con los de pequeñísima amplitud, y que reúnan las antedichas condiciones. Si, por el contrario, disminuimos lo suficiente su sensibilidad, en vez de exaltarla, como en el caso anterior, o de conservarla, como en sus aplicaciones más generales, servirá, y muy cumplidamente, de *clinodógrafo;* esto es, para obtener gráficos de las inclinaciones que experimente un móvil al recorrer una vía, dependientes de la misma. Instalado a bordo de una embarcación, y en estas últimas condiciones, haría de *oscilógrafo,* mientras que en las enunciadas primeramente funcionaría de *palógrafo.*

Todas esas transformaciones, que hacen a este aparatito equivalente a varios reunidos, de manejo mucho más molesto, difícil transporte y elevado precio, se efectúan con sólo subir o bajar la masa pendular, cambiar la pluma inscriptora, o cambiar la velocidad de recepción, con hacerlo con las paletas; cuestión de pocos minutos, con el regulado de la presión de la pluma inscriptora (si ya no lo estaba de antemano), llenarla, y dar cuerda al mecanismo de relojería que hace avanzar la banda. Un giro de 90° al aparato, con cambio de pluma, le hace servir para el estudio de la componente vertical lo mismo que para las horizontales.

Los "armados y desarmados", siempre molestos, y más cuando son evitables, se han excluído cuidadosamente, hallándose el macrotrerómetro siempre listo para funcionar, en su caja de transporte, de la que puede sacarse en pocos segundos, y que también sirve para protegerle de las corrientes de aire, que pudieran perturbar notablemente sus gráficos.

Consta esencialmente de una lámina de acero, fuertemente sujeta por uno de sus extremos, mientras que el otro remata en un borne de latón, que sirve para fijar las plumas inscriptoras. A lo largo de la lámina o muelle plano de acero, puede correrse y fijarse, a la altura conveniente, una pesita de latón, que sirve de masa. Un cilindro receptor, actuado por un sencillísimo motor de relojería (la máquina de un despertador de los más baratos, con algunas adiciones, cambios y supresiones), hace avanzar la banda de papel blanco ordinario (de 10 cm. de an-

chura por 20 m. de largo), y en la que ha de quedar trazado el gráfico, con velocidades variables de 3,2—4,5—15 mm. por segundo.

Más que una minuciosa descripción del aparatito, aquí fuera de lugar, y tanto más cuanto que figura entre los expuestos, en unión de unos pocos gráficos obtenidos con su auxilio e incluídos en el álbum de la Estación Sismológica de Cartuja (Granada), servirá su reproducción fotográfica, así como un brevísimo recuerdo de las fórmulas usuales, indicación de sus principales aplicaciones y consejos prácticos, encaminados a facilitar aún más su ya de por sí tan sencillo empleo.

El macrotrerómetro, listo para funcionar, y fuera de su caja de transporte, pesa 1.500 gramos, y ésta, cuyas dimensiones son 25 cm. de largo por 21 de ancho y 26 de altura, 3.000, por ser de la madera que se halló a mano. Una caja de chapa de magnalio de 0,7 mm., con armazón muy ligera, aunque rígida, de acero, reduciría el peso total a 3.500 gramos, incluyendo una funda de lona, con el conveniente correaje, para poderlo llevar en bandolera.

En este modelo varía el período propio de la lámina vibrante entre 0,04 de segundo, correspondiente a 1.500 períodos por minuto y 0,65, o sea, 96, tratándose de movimientos armónicos; bastando para ello colocar la masa a conveniente altura. Como el rozamiento puede reducirse mucho y resultar insignificante (sobre todo con el sifón inglés), es fácil conseguir aumentos muy considerables en los movimientos armónicos, con tal de obtener la sintonización. La desaparición de máximos y mínimos, debidos a resonancias, al mismo tiempo que la amplitud del trazado alcanza su máximo, indican claramente haberlo conseguido.

Si llamamos L a la distancia que media entre el centro de gravedad de la masa, cuyo peso es M, y la cogida del muelle plano que la sostiene, de un acero cuyo módulo de elasticidad es E, su anchura a, y su grueso b, hallándose expresados todos esos valores en unidades cegesimales, tendremos que el período será: $T = 2\pi\sqrt{\frac{4l^3M}{Eab^5}}$, fórmula bastante exacta, en nuestro caso, por haber substituído en la misma a $l = L + 1$, en vez de esta última, para contrabalancear la notable influencia ejercida por el peso del borne y de la pluma, y aun de la porción de lámina vibrante que queda por encima de la pesita que sirve de masa, y cuyos momentos no son despreciables, contribuyendo considerablemente a alargar la masa en muy pequeños; esto es, cuando la masa dista muy poco de la cogida del muelle.

Con esta fórmula se puede calcular aproximadamente el valor de E (en buenos muelles de unos $1,8 \times 10^{12}$). En nuestro caso, M pesa 445 gramos, y a y b miden, respectivamente, 3,15 y 0,055 cm., siendo va-

riable a voluntad L entre 2 y 16 cm. La fórmula $T_0 = 0{,}008 l^{3/2}$, da el período con bastante exactitud, y en fracciones decimales de segundo.

Cuando el movimiento que se vaya a registrar sea amplio, como el del traqueteo de un coche, por ejemplo, no hay ningún interés en provocar la resonancia, sino más bien en evitarla, lo que resulta particularmente útil, cuando lo que principalmente se pretende es registrar pendientes.

También puede servir la sintonización para separar unos movimientos rítmicos de otros; por ejemplo, los dos del estremecimiento del suelo (componente horizontal), con motivo del funcionamiento de un motor que posea órganos de movimiento alternativo, como émbolos, cigüeñales, etcétera, dado por la fórmula:

$$A = a \cos x + b \cos 2x$$

Sólo a título de recordar ideas, y por hacer a nuestro caso, haremos alguna indicación referente a los aumentos para los movimientos rítmicos e irregulares; el de estos últimos, como bruscas sacudidas, etcétera, es el cociente de dividir por l la distancia (21 cm.), que media entre el borne portapluma y la cogida de la lámina vibrante. Si se tratase de una simple inclinación, el ángulo de la misma tendrá por radio los dichos 21 cm., siendo su tangente la desviación que presente el trazado, con relación a la línea media, o de pendiente nula. El aumento para estremecimientos rítmicos se halla íntimamente ligado con el período del mismo instrumento, el del motor, y con el rozamiento; éste tanto más influyente, cuanto menos se diferencien ambos períodos.

Si después de fijar convenientemente, y a una altura determinada, la masa, llenar de tinta la pluma, dar cuerda y disparar el escape del mecanismo de relojería, imprimimos al aparatito un moderado movimiento de vaivén, obtendremos una curva de extinción, en la cual, si llamamos θ a la amplitud de una semionda, o lo que es lo mismo, a su separación de la línea de nula pendiente, o de reposo, y $\theta + 1$ a la siguiente, al otro lado de la dicha línea, tendremos:

$$\frac{\theta}{\theta + 1} = v;\ h = 0{,}733 \log v;\ A\,(\text{máx.}) = \frac{A}{2h\sqrt{1 - h^2}}$$

y si h es muy pequeño:

$$A\,(\text{máx.}) = \frac{A}{2h} = \frac{0{,}68A}{\log v}$$

ese aumento máximo corresponderá a un movimiento rítmico, cuyo período sea $T = T_0\sqrt{1 - 2h^2}$, o sea sensiblemente $T = T_0$, en el caso anterior.

En un caso general, llamando A (v) al aumento verdadero, y u al cociente $\frac{T_0}{T}$, esto es, a la relación entre el período del movimiento y el del péndulo, tendremos:

$$A(v) = \frac{A}{\sqrt{(1 - u^2)^2 4h^2u^2}}$$

fórmula cuyo desarrollo puede verse en varias Memorias del célebre sismólogo ruso Príncipe B. Galintzin (Knías Boris Borisovich Golicyn), y en particular, en su magistral obra *Leskii po Seismometrei,* traducida ya al alemán, y cuya versión castellana está en vías de publicación. Pudieran consultarse también la obrita *Terremotos, sismógrafos* y *edificios,* a cargo de "*Ibérica*", y otros trabajos publicados por la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias (Congreso de Madrid, 1913, t. IX).

Pasemos a exponer brevemente algunas de las múltiples aplicaciones del "macrotrerómetro P. J. Granero, S. J.", así como de las modificaciones que sería conveniente introducir para adaptarle mejor en casos muy especiales, en los que fuese necesario exaltar sobremanera alguna de sus cualidades, aun sacrificando bastante otras, y renunciando a lo que pudiéramos llamar su "universalidad".

El macrotrerómetro está principalmente adaptado para llenar los fines siguientes:

1.º Determinar la máxima aceleración producida por el funcionamiento de motores fijos y mecanismos que accionen, en los edificios que los cobijen o en los cercanos, para tener una base científica y un criterio objetivo que permita apreciar justamente la cuantía de las molestias, y aun perjuicios materiales ocasionados por su funcionamiento, en casos concretos.

2.º Idem, con respecto a los estremecimientos producidos en el interior de los edificios por el tránsito cercano de trenes, tranvías y otros vehículos.

3.º Obtener datos, comparables entre sí, sobre el comportamiento de distintos vehículos, al recorrer la misma vía, con igual velocidad, y además de la influencia de la misma sobre cada uno de ellos; deducir cuál sea la que pudiéramos llamar "velocidad óptima" (prescindiendo de otras consideraciones, de orden económico, que no hacen al caso), por ser con la misma menor la fatiga del material móvil, y aun del viajero, conservándose, sin embargo, la rapidez cada vez mayor que pide las necesidades de la época y aun sus exigencias.

4.º Reconocer el estado de la dicha vía o camino.

5.º Obtención de su perfil, sobre todo en las curvas.

6.° Estudio comparativo del pandeo y reacción elástica en los puentes.

7.° Trazado automático de las pendientes de una vía cualquiera.

8.° Estudio de los balances en los buques.

9.° Idem de los estremecimientos producidos por sus motores.

Para la aplicación primera, si se trata de estremecimientos de ritmo muy rápido y de escasísima amplitud, a la vez que precisa exaltar la resonancia, para que resulten visibles los gráficos, hay que aumentar la velocidad de recepción si se quiere separar unas ondas de otras. Sería muy conveniente el poder variar dicho avance entre 1 y 5 cm. por segundo, y aun tal vez más, aunque en este último caso es fácil fuese necesario recurrir al ahumado de la banda receptora (en este caso, en forma de correa sin fin), con lo que las líneas pueden resultar hasta diez veces más finas y aumentar extraordinariamente la resonancia con la disminución del rozamiento, mucho menor en esta clase de registro mecánico, como ambos suelen apellidarse en Sismología.

Un buen modelo para la mencionada aplicación tendría la lámina vibrante de 35 cm. de largo por 0,2 de grueso y 6 de ancho. Con masa de 5.000 g. se podrían obtener todos los períodos comprendidos entre 0,0156 de segundo (correspondiente a 3.850 vueltas por minuto), y casi 0,50 (120). Otra masa de 1.000 g. substituible a la primera, daría ritmos de hasta 0,008 de segundo, y el peso total del modelo "1", con todos sus accesorios y su caja de transporte, no pasaría de los 15 Kg.

Sería fácil proveerle de un espejito cóncavo y de un dispositivo conveniente para el registro óptico, con el cual, y aprovechando el principio de las resonancias, el aumento resultaría enorme."

Al terminar de leer la Memoria que antecede, el P. Navarro Neumann fué muy aplaudido por la concurrencia.

El Sr. IGUAL RUIZ (D. José) lee un extracto de su trabajo, que dice así:

"NOTAS DE UN ESTUDIO SOBRE EL CEMENTO

Por D. José Igual Ruiz, *Ingeniero municipal de Valencia.*

Aceptada la hipótesis del fraguado del cemento, y teniendo en cuenta el hidrato de cal que se forma al fraguar, se deduce: que la adición de un 100 por 100 de residuos cerámicos cocidos entre 800 y 1.000 grados neutraliza la citada cal desprendida, formando nuevos silicatos dentro del cemento ya fraguado y, por lo tanto, aumenta su resistencia y evita los peligros que en el agua del mar pueden proporcionar los

sulfatos que en ella existen. Este estudio, si bien ya es conocido por los grandes químicos que al estudio de estos fenómenos se han dedicado, lo hizo el ponente para aplicarlo a la región valenciana, donde, existiendo gran número de fábricas de Cerámica, en que estos residuos son económicos, comprobar su utilidad era de gran importancia.

COMPARACIÓN DE LOS MORTEROS				MEDIOS en que se han conservado.	CARGA DE ROTURA A LA TRACCIÓN en kilogramos por centímetros cuadrados de las briquetas de los diferentes morteros estudiados.				
Arena.	Cemento.	Residuos cerámicos.	Residuos silíceos de cantera		7 días.	28 días.	90 días.	1 año.	2 años.
1 m.^{3}	500 Kg.	»	»	Agua de mar.	24	28	33	30	34
1 m.^{3}	250 »	250 Kg.	»	»	12	18	26	27	27,50
1 m.^{3}	250 »	»	250 Kg.	»	8	9	13,50	17	18
1 m.^{3}	500 Kg.	»	»	»	24,50	27	30	33	40
1 m.^{3}	250 »	250 Kg	»	»	15	20	25	26	28
1 m.^{3}	250 »	»	250 Kg.	»	8	11	15	16	21
1 m.^{3}	250 »	»	»	»	7	9	12	11	9
1 m.^{3}	500 Kg.	»	»	»	19	22	30	29	37
1 m.^{3}	250 »	250 Kg.	»	»	13	17	22	26	31
1 m.^{3}	250 »	»	250 Kg.	»	6	5,90	7	10	15
1 m.^{3}	500 Kg.	»	»	Aire.	14	14	18	22	24
1 m.^{3}	250 »	250 Kg	»	»	16	16	16,50	20	25
1 m.^{3}	250 »	»	250 Kg.	»	6	7	8	12	15
1 m.^{3}	500 Kg.	»	»	Un mes aire y luego mar.	18	22	23	24	25
1 m.^{3}	250 »	250 Kg.	»	»	12	14,90	24,50	20	26
1 m.^{3}	250 »	»	250 Kg.	»	5	8	12	13	17
1 m.^{3}	250 »	»	»	»	8	10	9	7	10
1 m.^{3}	500 Kg.	»	»	Agua de mar.	20	24	25,50	25	26
1 m.^{3}	250 »	250 Kg.	»	»	15	22	21	20	26
1 m.^{3}	250 »	»	250 Kg.	»	6,50	12	17	15,50	16

En donde vemos que si bien la sílice de los residuos de cantera no produce casi ninguna ventaja, sin embargo, no produce perjuicios; cosa muy interesante, pues podemos hacer morteros muy impermeables con poco cemento.

Otro asunto que el que suscribe trata en su Memoria es la explicación de la caída de resistencia de los cementos; fenómeno que no cree satisfactoriamente explicado por Mr. Candlot, al suponer que estas caídas de resistencia son debidas a cambios de cristalización, como ocurre con los aceros. Esto sería explicable si los cementos vibrasen como vibra el acero en un órgano de máquina; pero ¿qué vibraciones

y qué sacudidas recibe una briqueta en el seno de una balsa de conservación? Sin embargo, el ponente ha podido observar que en una porción de historiales en que el cemento estaba aireado, si bien comenzaban con débiles resistencias los morteros, tardaban lo menos dos años en aparecer los puntos de retroceso, y aquellos en que los cementos no lo estaban aparecían antes de los dos años, y para comprobar estos estudios preparó una serie de historiales con cementos frescos, y luego guardó en sacos de papel sin cerrar estos cementos en el laboratorio, y los tuvo un año, al final del cual, fabricó briquetas. Pues bien: el punto de retroceso de éstas apareció más tarde que las primeras. Visto este fenómeno confirmado, ¿qué interpretación darle?

El que suscribe se explica el fenómeno de la siguiente manera: en una sección de rotura, la resistencia la forman los cristales de silicatos y de aluminatos; pues si cualquiera de éstos se destruyera, disminuiría la resistencia. Pues bien: todos están conformes que los cementos rápidos se desgregan rápidamente, debido a la descomposición de los aluminatos. Pues si esto es así, ¿por qué no suponer que los aluminatos que existen en un cemento no se descomponen lentamente y van contribuyendo cada vez menos a la resistencia a la rotura en la sección de la briqueta estudiada?"

El autor de la anterior Memoria expone unos gráficos de resistencia y fraguados, y es también aplaudido por la concurrencia.

El Sr. IBAÑEZ ALONSO lee un trabajo del cual es autor, y que a continuación se publica:

"PASTAS CERAMICAS INDUSTRIALES Y CUBIERTAS ARTISTICAS

Por D. Francisco Ibáñez Alonso, *Teniente Coronel de Ingenieros.*

INVESTIGACION

Las Memorias de la Academia de Ciencias de París, publicadas en los *Anales de Química y de Física* (3.ª serie, t. XXXI, p. 257), relativas a las materias primeras, pastas, cubiertas y esmaltes empleadas en China para la preparación y decoración de las porcelanas, las investigaciones de Vogt sobre las mismas como resultado de dos materiales recogidos por F. Scherzer en Kin-te-techen, y el haber encontrado algunos yacimientos de pecmatita y de petrosilex en los montes de Biandiz, materias que se comportan al fuego (1.250°), como puede verse en las

muestras correspondientes, me instigaron a buscar las complementarias para obtener la pasta de porcelana.

La existencia, en la vertiente norte de los Pirineos occidentales, de feldespatos y caolines, éste procedente de la descomposición de aquel elemento, esencial en las pecmatitas ya encontradas, me hicieron presumir la existencia de la más "noble" de todas las materias cerámicas: la caolinita. Efectivamente: después de largas investigaciones, hallé el caolín en dos yacimientos, uno de ellos ya explorado antiguamente, en Icatz-sulo, y filones importantes de pecmatita (pe-tun), en Becoiraga y Goicoiraga, en Vera, y arenas feldespáticas en Tolosa. Asimismo he encontrado arcillas blancas (Hernani) grises y rojas en Santiago-mendi, y arenas cuarzosas, cuarzo y cuarcitas, en Goizueta y otros puntos de la provincia de Guipúzcoa.

La bondad de estas materias, desde el punto de vista cerámico, es bien notable, y muy raro y extraño que habiendo existido en Pasajes de San Juan una pequeña factoría de porcelana, las materias y pastas que empleó en su efímera actuación fueron traídas, en su primer período, de Limoges, y últimamente, de Inglaterra.

Primeras materias.

El caolín pertenece a la variedad "guijarroso" y se encuentra *in situ* procedente de la descomposición de una pecmatita casi exenta de mica, y aun la que contiene es de base potásica (muscovita) y el feldespato orthosa; presenta algunas veces cristales de casiterita; pero este metal (sales de estaño), el titano oxidado (rutilo), la turmalina, etcétera, son inestables a las altas temperaturas de la cocción de la porcelana, no empobrecen su rica blancura, sometido a mil cuatrocientos grados presenta el aspecto del ejemplar número 2, y sin adquirir consistencia alguna, *permanece crudo*. A base de este caolín, pecmatita elegida y arcilla blanca, he conseguido *porcelana dura,* blanca y traslucida, o sea la materia más elevada de las artes cerámicas. He encontrado en la provincia de Guipúzcoa arcillas medianamente refractarias, arcillas figulinas y otras propias para obtener el grés-cerámico; también he encontrado el silex piromaco, espato-fluor, espato-calizo, etcétera, etc.

Pastas y productos cerámicos.

Encontradas las primeras materias conseguidas en trabajo aleatorio y penoso, traté de iniciar *una nueva industria,* y conseguida la fórmula de la porcelana (compuesto definido y determinado) lo más elemental era dar forma a la pasta por simple presión.

Los primeros ensayos se han hecho en la fábrica de pavimentos (mosaicos) que se ha implantado (Imaz y Compañía) en Hernani, dando un resultado magnífico en cuanto a calidad del material, blancura, dureza (veinte veces mayor que la del mármol) y *tenacidad*. La fabricación es defectuosa por falta de prensas perfeccionadas, que no han podido obtenerse de la industria extranjera por causa del conflicto europeo; pero terminado éste, se instala maquinaria "ad hoc" que nos permitirá llegar a la altura del mejor material inglés similar.

También he conseguido fabricar en la citada Cerámica San Miguel de Hernani material grés para recipientes termoeléctricos, material refractario, ladrillo radiador para hornos y muflas, etc., etc.

Asimismo estoy implantando la fabricación de un material—*que vaya bien al fuego*—de empleo culinario, de cocción directa, que evita los inconvenientes del material de hierro esmaltado y que cuece y sazona como ningún otro los alimentos. El problema es dificilísimo si no se acude a la tosquedad de los barros ordinarios y, siempre, la solución relativa: en este sentido creo haber llegado a la altura del mejor material alemán, pues las cacerolas que se exponen resisten, sin *quebrarse*, 250° de cambio brusco de temperatura. El mismo material puede hacerse en blanco y con esmaltes, y cubiertas de más selecta presentación. La instalación preliminar se ha efectuado para una fabricación de 3.000 piezas diarias.

Cubiertas.

A base de las tierras guipuzcoanas, he tratado de componer cubiertas de distintas categorías, industriales y artísticas. Tengo el honor de presentar al Congreso, en cacharros *imperfectos*, algunos de los resultados obtenidos que permiten vislumbrar un ancho campo de recursos con que pueden exornarse las pastas cerámicas, para aplicaciones arquitectónicas, esculturas y alfarería artística. Esta clase de cubiertas, obtenidas a altas temperaturas, están compuestas a base de caolín, feldespato, arcilla, espato-fluor y pequeñísimas cantidades de óxidos metálicos, tales como el de hierro, manganeso, cobalto, cromo, titano y alguno más muy raro; la paleta es corta, por ser muy pocos los óxidos estables más allá de los 1.300°; son, en cambio, baratísimos y de fácil preparación. La acción del fuego a altas temperaturas les da la intensidad y hermosura; son de una basicidad extrema e inalterables a la acción de los agentes naturales, forman un todo con la pasta y su duración puede considerarse como indefinida. *De esta clase de cubiertas o esmaltes no se habían hecho estudios en España.*

Hago gracia al Congreso de fórmulas y procedimientos que, de no emplear las primeras materias de que hago uso, darían resultado nulo.

CONCLUSION

Con arreglo a la convocatoria del Congreso, he creído un deber poner de manifiesto que en la región vasca, por la existencia de las materias encontradas, se abre campo a la industria cerámica de la porcelana y derivadas, siendo de presumir tome gran incremento la nueva que ahora nace."

El Sr. CARRETERO, Ingeniero industrial, cita los yacimientos de Sargadelos (Lugo), proponiendo que, en unión de los de Guipúzcoa encontrados por el Sr. Ibáñez, sean estudiados por el Estado.

El Sr. IBAÑEZ se muestra conforme con esta proposición.

El Sr. IGUAL hace constar el desarrollo de la industria cerámica valenciana, que se ve obligada a adquirir el caolín en el Extranjero, y seguramente no podría adquirirlo en los yacimientos españoles a causa de la carestía de los transportes, que haría repetirse el caso de que Bilbao traiga de Inglaterra las naranjas españolas.

El Sr. LOPEZ VARGAS propone la creación de una Escuela de Cerámica donde se hagan estudios subvencionados por el Estado.

El Sr. CARRETERO opina que lo que debe estudiarse es el abastecimiento de las fábricas de Cerámica fina con materias españolas. Cita nuevamente los yacimientos gallegos, cuyo caolín se emplea en Sevilla, sin que se haya dado impulso a la fabricación de pastas, creyendo que se hace indispensable un inventario de caolinas, cuarcitas y demás primeras materias.

El Sr. LOPEZ VARGAS dice que es preciso hacer estudios industriales, y no solamente de laboratorios, para lo que se necesita ensayar en hornos industriales y no en hornos de laboratorio, por lo que cree preferible crear una fábrica-escuela.

El Sr. CARRETERO no cree necesarias estas escuelas porque los ensayos industriales corresponde hacerlos al industrial que los emplea, y, por tanto, los hornos industriales, si bien convenientes, no son necesarios.

A propuesta de la PRESIDENCIA, se acuerda que los Sres. Ibáñez, Carretero, López Vargas e Igual formulen una conclusión que será votada en la sesión próxima. Se aprueba por unanimidad.

El Sr. FERNANDEZ LADREDA lee su ponencia, cuyo contenido es el siguiente:

"PROYECTO DE UNIFICACION DE LOS METODOS DE ANALISIS DE HIERROS Y ACEROS Y EL LABORATORIO NACIONAL

Por D. José Fernández Ladreda, *Capitán-Jefe del Laboratorio Químico del Taller de Precisión de Artillería.*

Al Congreso Nacional de Ingeniería.

Tal ha sido la importancia que, en el período de los diez últimos años, la Química analítica ha alcanzado en la industria del hierro y el acero, que se consideró obligada una evolución sin precedentes de esta rama de la ciencia del químico para hacerla responder con éxito, primero, a la dificultad creciente de asegurar determinaciones precisas, dada la gran complejidad de muchas de las actuales aleaciones industriales, y, más tarde, ser necesario que el factor tiempo del análisis se tome en consideración, desde el momento que el químico analítico ha de intervenir modernamente, no sólo en las primeras materias y en el producto terminado, sino también en las diversas fases del proceso de fabricación.

Es una realidad, que los Ingenieros e industriales españoles conocen perfectamente, que con la mayor frecuencia se ponen de manifiesto divergencias entre compradores y vendedores, las que nacen principalmente de la falta de selección en los laboratorios de análisis químico de los métodos más apropiados de análisis; consecuencia lógica de que, con el progreso de la Industria, mucho se exige al químico analista, y muy poco es en rigor lo que hasta el presente la Ciencia le ha dado.

En 27 de julio del año próximo pasado, M. A. Marinot, Jefe del Laboratorio de forjas y acererías de Saint-Denis, presentó a la Sociedad de Químicos franceses un trabajo tratando el tema "Unificación de los métodos de análisis de fundiciones y aceros"; el "Bureau of Standards de Washington", en su circular número 14 de marzo de 1916, recomienda unos determinados métodos, y el libro de la "Society American of Yesting Materials, 1918" establece los procedimientos tipos de análisis para los productos de la industria del hierro; en nuestro país, hasta el presente, lo mismo que acontece en la "Unificación de las Roscas", sólo hay una buena voluntad en los químicos analistas de los laboratorios, y a ella hay que atribuir los brillantes resultados obtenidos en muchos casos; pero nada se ha hecho por colocarlos en condiciones de facilitarles el trabajo de lectura de la multitud de revistas y

publicaciones por donde los diversos métodos, no todos recomendables, están repartidos, y que son además únicamente asequibles para aquel que posea una biblioteca química completa.

Nada hay para la Industria española, y, por lo tanto, para los Ingenieros que a ella se consagran, de importancia tan primordial como lo referente al establecimiento en nuestro país de un "Laboratorio Nacional"; y concretándonos al punto de vista químico, para no molestar la atención del Congreso, diremos que, sin él, serán inútiles cuantos esfuerzos se realicen para que las industrias españolas tengan una vida próspera con amplitud de horizonte, vivirán, sí, mientras unas tarifas de aduanas u otro artificio semejante haga la competencia imposible, pero serán castillos en el aire a los que, faltando la cimentación técnica, veremos cesar tan pronto como aquellos artificios un Gobierno los haga desaparecer. Es esencialísimo, a nuestro entender, que el Congreso de Ingeniería trate este asunto que a los Ingenieros, más que a nadie, toca; porque, entiéndase bien, los "Laboratorios Nacionales", aun cuando sean organismos del Estado, sólo se sostienen mientras las organizaciones industriales les alientan, les consultan y les siguen en sus consejos; fuera de ahí, serán otros organismos más; que "Laboratorio Nacional" e Industria Nacional deben formar un todo que sea imposible separar.

Intervienen en el análisis químico, como saben perfectamente los Ingenieros españoles, factores variables en gran número (temperatura, concentración de soluciones, fenómenos catalíticos, solubilidad de precipitados, etc., etc.); el Jefe del laboratorio de una fábrica, al que llamaremos químico técnico, cuando tiene que tratar con un material no investigado hasta entonces, como el tiempo de que dispone es limitado, no puede seguir, al igual que el químico investigador, el análisis haciendo intervenir una o dos de aquellas variables solamente, y han venido a facilitarle la solución a adoptar los "laboratorios nacionales", poniendo a su alcance la "muestra-tipo para análisis", definida como una substancia que se aproxima lo más posible a su composición química y naturaleza física al material con que el químico va a tratar, y que habiendo sido analizada por número suficiente de métodos y analistas reputados, aseguran su composición. Claro es que si la muestra-tipo y la que se examina son al mismo tiempo analizadas siguiendo idénticas operaciones, y se obtienen para la primera resultados conformes a los que señala su composición, como todas las variables se han eliminado por influir en forma igual sobre las dos muestras, puede asegurarse que las cifras obtenidas para análisis que se realiza en la fábrica son buenas; mas si se ocurre que, al seguir un método determinado el químico técnico que el análisis sobre la muestra-tipo le condu-

ce a resultados divergentes con los de los certificados, es patente un error, ya provenga de la elección de un método no apropiado, sea el resultado de una ecuación personal, de utilizar no puros reactivos, etcétera, etc. De tal forma y por el sistema más sencillo, y en el más corto tiempo posible, se han eliminado gran número de variables, bastando lo anterior para que se comprenda la excepcional importancia de establecer en España el "Departamento de Muestras-Tipos", que, por lo que se refiere al ramo de guerra, quedó iniciado al crearse el "Taller de Precisión de Artillería".

Sólo nos hemos referido, por entrar dentro de nuestra esfera profesional de acción, a las "Muestras-tipos para análisis"; pero todos los asistentes al Congreso saben perfectamente la importancia extraordinaria que tienen las destinadas a medidas físicas, calor de combustión, puntos de fusión, etcétera, las que guardan relación con la fineza del material pulverizado, y, por último, aquellas destinadas a valorar soluciones en volumetría, punto fundamental de la obtención de resultados precisos en los análisis, misiones todas ellas encomendadas en Inglaterra, Alemania y los Estados Unidos de Norteamérica a los "Laboratorios Nacionales" con que cuentan.

La lectura de la Memoria presentada a la Sociedad Química Francesa por Marinot, y a que anteriormente hicimos referencia, uniéndose a la afición por nuestra parte a los estudios químicos, así como a cumplir con el deber del Jefe de un laboratorio de análisis, de estar al corriente de cuanto nuevo se publique en lo concerniente a la especialidad del Ingeniero químicoindustrial de productos metalúrgicos, nos llevó a seguir en el "Taller de Precisión de Artillería" los métodos de análisis recomendados. Confesamos que nos admiró la ilustración química que supone el trabajo y la oportunidad y buena voluntad con que a la Sociedad Química Francesa fué presentado; mas, por nuestros resultados, no nos es posible recomendarle en conjunto a la industria metalúrgica española; quizás en ocasiones puedan ser atribuídos a una ecuación personal; mas pretendemos en este trabajo, fruto de una labor experimental sostenida mucho tiempo, dar las razones científicas del porqué de elegir unos métodos sobre otros, y esa divergencia con los métodos que el Sr. Marinot recomienda la hemos visto también patente durante nuestra permanencia en el "Bureau of Standards", ocupándonos del asunto en cuestión, confirmándose así nuestro primer punto de vista, sobre el cual, con su autoridad, fallará en definitiva para nuestro país el Congreso de Ingenieros españoles.

Las publicaciones de la "American Society for Yestings Materials", de la que somos miembro, y las circulares del "Bureau of Standards", que hemos leído y experimentado, tampoco, en nuestro modo de ver,

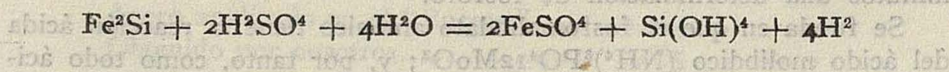
deben de ser seguidas en todas sus partes, principalmente por la razón de que en el tiempo transcurrido desde que fueron publicadas, la evolución sufrida por la Química analítica dió lugar a la adopción de otros métodos mejores que en el mismo "Bureau of Standards" son utilizadas, y sobre las cuales, amablemente, nos han dejado experimentar y nos facilitaron muchas y provechosas enseñanzas.

Uno de los principales caracteres que deben distinguir a los estudios presentados al Congreso de Ingeniería es la de inspirarse en bases científicas y tener una finalidad práctica puesta de manifiesto con los resultados obtenidos, o que deban obtenerse, en este orden de ideas; al presentar un "Proyecto de unificación de métodos de análisis para aceros y hierros", nos apoyaremos en los principios químicos que justifican la elección del método, y daremos a conocer en cada caso los resultados obtenidos por nosotros, poniéndolos enfrente de los que en el "Bureau of Standards" sobre las mismas muestras se ha logrado.

La mejor voluntad, sin mezcla de amor propio, que, en el terreno científico, no es permitido, guía siempre nuestros pasos cuando de estudios químicos se trata; mas convencidos, sin alardes de modestia, de nuestra falta de preparación, tememos se juzgue grande nuestro atrevimiento; pero piénsese por todos que nuestro mayor deseo sería que el Congreso de Ingeniería, al que asisten químicos ilustres que siempre consideramos nuestros maestros, se nos hagan presentes los errores, si existen, y se modifique cuanto sea preciso el texto, conservando sólo la idea de que sea sólo un hecho la unificación de procedimientos que la Industria y el Comercio españoles reclaman con urgencia.

Determinación del silicio en los hierros y aceros.

En todos los tratados de análisis que conocemos, se recomienda el ataque por agua regia o por la mezcla de ácido nítrico y ácido sulfúrico (Marinot), debido a la acción oxidante del ácido nítrico, que facilita la transformación del silicio en sílice; en el "Bureau of Standards", en los últimos años, han prescindido del ácido anterior, y utilizan sólo el sulfúrico; método que nosotros recomendamos por su rapidez y precisión. El silicio se encuentra, como es sabido, en los productos siderúrgicos en forma de siliciuro de hierro; y en el ataque por ácido sulfúrico diluído, tiene lugar la transformación siguiente:



$$Fe^2Si + 2H^2SO^4 + 4H^2O = 2FeSO^4 + Si(OH)^4 + 4H^2$$

formándose en la deshidratación del $Si(OH)^4 = SiO^2 + 2H^2O$ la sílice directamente sin necesidad de otro oxidante.

Siendo el factor para pasar al silicio desde la sílice 0,469, conviene tomar para el análisis un peso de muestra igual a 4,69 gramos, para así obtener directamente el % de silicio multiplicando la sílice obtenida por 10; se disuelven en 75 cm.³ de la mezcla ($1H^2SO^4$ conc.° + + $4H^2O$), evaporando hasta abundantes humos blancos y no dando importancia a la presencia de un residuo negro constituído por la materia carbonosa en forma compleja; se disuelven en agua los sulfatos, empleando 100 cm.³ por la acción del calor; se filtra e incinera, lavando previamente ocho o diez veces con H^2O y solución al $^1/_{10}$ de HCl. Siempre debe tratarse el residuo de la incineración por unas gotas de ácido fluorhídrico, agua para humedecer toda la masa y dos o tres gotas de ácido sulfúrico, a fin de evitar quitar por completo el hierro en los lavados; lo cual ofrece en ocasiones gran dificultad.

Sobre un acero tipo Bessemer obtenido en horno ácido con el 0,166 por 100 de Si certificado, hemos llegado en determinaciones sucesivas a los números 0,164 y 0,165 utilizando el método anterior, promedio de muchos análisis realizados.

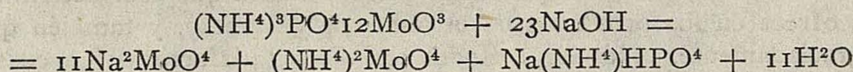
Cuando se determina la sílice empleando ácido clorhídrico solamente, es menester evaporar a sequedad y cocer durante una hora sobre el plato de hierro calentado al gas para deshidratar la sílice gelatinosa; aun así, nunca obtuvimos buenos resultados no tratando el líquido filtrado para separar de él la parte de sílice retenida, por lo cual no recomendamos este procedimiento, que alarga el tiempo de la determinación sin ofrecer ventaja alguna.

Determinación del fósforo en los hierros y aceros.

La importancia enorme que ofrece esta determinación al metalurgista, trae consigo la necesidad de establecer un método que aúne la precisión con la rapidez; el tan conocido de la mixtura magnesiana es lento; si bien seguro el de la pesada directa del ácido molíbdico, sujeto a la precisión de todas las determinaciones en que se pesan compuestos de composición variable según la temperatura de secado, es lento también, recomendando de los datos que nuestra experiencia nos suministra, con algunas variaciones, el que señala Marinot para esta determinación; método volumétrico que permite efectuar en treinta minutos una determinación de fósforo.

Se funda en que el fosfomolibdato amónico tiene la reacción ácida del ácido molibdico $(NH^4)^3PO^412MoO^3$; y, por tanto, como todo áci-

do es susceptible de valorarse con un licor de sosa, podremos, pues, disolver el fosfomolibdato precipitado en un licor de sosa N/10 y valorar el exceso de álcali con el licor N/10 HNO^3. La solubilidad del fosfomolibdato en la sosa la determina la siguiente reacción:



$$(NH^4)^3PO^4 12MoO^3 + 23NaOH =$$
$$= 11Na^2MoO^4 + (NH^4)^2MoO^4 + Na(NH^4)HPO^4 + 11H^2O$$

que da la equivalencia entre la sosa N/10 y el fósforo

loc. de N/10 NaOH = 0,0001349 Ph.

Se trata de un gramo de hierro o dos de acero por 50 cm.³ HNO^3 ($1HNO^3$ conc.° + $3H^2O$) por cada gramo en vasija Erlemmeyer cubierta con vidrio de reloj; se agregan, cuando la disolución está efectuada, 12,5 cm.³ de una solución de $KMnO^4$ (12,5 g. por litro), calentando a la ebullición, hasta que precipite el MnO^2; el permanganato destruye la materia carbonosa reductora y oxida por completo el fósforo al estado de ácido fosfórico; manteniendo la ebullición, se añaden los centímetros cúbicos de sulfito sódico precisos para aclarar la solución disolviendo el MnO^2, si hierve cinco minutos, y se filtra para separar el grafito (si es preciso) a la trompa y sobre asbesto lavando con 50 cm.³ del mismo ácido de solución. (Obsérvese que el hierro se disolvió en 50 cm.³ que, con otros 50 de los últimos lavados, son los 100 cm.³, que utilizamos en los 2 gramos de acero que no se filtra.) Al líquido se le agregan 40 cm.³ de NH^4OH p. e. 0,96 y 40 cm.³ de la solución de molibdato amónico preparada según práctica corriente en los laboratorios, tapando con tapón de caucho, que obture bien y agitando anérgicamente durante diez minutos; se filtra sobre asbesto (a la trompa) o papel, lavando diez veces con solución al 1 por 100 de nitrato potásico (el ácido molíbdico es soluble en agua); se pasa el filtro al vaso de precipitación; se agregan 20 cm.³ de agua hervida, un exceso de solución N/10 NaOH (se emplean generalmente 20 cm.³), y se titra en retorno con la solución N/10 de HNO^3.

Siguiendo los detalles indicados anteriormente sobre muestras de hierros y aceros analizadas en el "Bureau of Standards" hemos logrado los resultados siguientes, promedios de numerosas determinaciones:

Hierro analizado en el "Bureau"...	0,227	por 100 Ph.
Obtenido por nosotros..................	0,224	—
Acero analizado en el "Bureau"......	0,064	—
Obtenido por nosotros..................	0,065	—

Determinación del azufre.

En el ánimo de todos los asistentes al Congreso dedicados a los asuntos metalúrgicos, está la importancia extraordinaria que esta determinación ofrece en los productos de la industria del acero, y también que, desgraciadamente, todos los métodos son poco satisfactorios en cuanto a la precisión del resultado obtenido; el tan conocido y utilizado de oxidación y solución precipitando el azufre en forma de sulfato bárico en licor férrico, la experiencia nos ha manifestado siempre está sujeto a errores que nacen de la solubilidad del sulfato en las soluciones ácidas de cloruro férrico, no pudiendo, por tanto, ser recomendado en trabajos que exigen precisión; el de evolución sumamente rápido, sólo es relativamente preciso, cuando de aceros corrientes bajos en carbono se trata, con aceros de altas dosis en carbono, o con las modernas aleaciones tan sólo se logra transformar una parte del azufre en hidrógeno sulfurado con el ataque por los ácidos diluidos; la precipitación del azufre en forma de sulfato bárico, en solución de cloruro ferroso obtenido mediante la reducción de la solución férrica por zinc, le hemos seguido en el "Bureau of Standards" aconsejados por los químicos del mismo, y promete resultados más seguros, siendo desde luego recomendable con preferencia a la precipitación en solución férrica, por ser más completa y tener menos influencia sobre ella el grado de concentración en ácido clorhídrico; mas en el momento actual, por nuestra parte, mientras una investigación que en el "Taller de Precisión de Artillería" realizaremos no nos permita fijar estrechamente los detalles de ese procedimiento, que desearíamos también ver estudiar a los Ingenieros químicos metalurgistas españoles, recomendamos como el mejor el método Meinecke, fundado en la separación del hierro, antes de precipitar el sulfato bárico, con lo cual desaparecen los inconvenientes de la precipitación en la solución de cloruro férrico derivados de la solubilidad mencionada anteriormente.

Todos los que al análisis químico se han dedicado algún tiempo, conocen el método anterior, consistente en disolver la muestra a la temperatura ordinaria en una solución ácida de cloruro doble de cobre y potasio; mas la teoría del mismo no está siempre lo suficientemente aclarada, así como tampoco los detalles a seguir para obtener resultados precisos, que, aun temiendo molestar la atención del Congreso, consideramos oportuno hacer unas indicaciones sobre el particular, tanto más, cuanto que el problema de la determinación del azufre en el hierro y acero merece se le conceda preferente consideración. Es hecho perfectamente establecido en Química que el hierro es metal que precipita el

cobre de sus soluciones; así es que, tratando el acero por una solución de sulfato o cloruro cúprico, el hierro pasa a solución, mientras el cobre se precipita con arreglo a las reacciones siguientes:



$$Fe + CuCl^2 = FeCl^2 + Cu$$

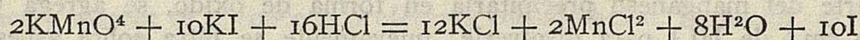
si bien el Cu precipitado puede disolverse en exceso de cloruro cúprico para formar el cloruro cuproso $Cu + CuCl^2 = 2CuCl$, lográndose en definitiva con un acero pasar el hierro a solución, obteniendo como residuo insoluble la materia carbonosa, la sílice y el azufre que forma el sulfuro de cobre, como es sabido, insoluble en las soluciones de ácido clorhídrico; queda ahora por aclarar la razón de emplear para la disolución, no el cloruro cúprico, sino la sal doble de cobre y potasio y una solución con exceso de ácido clorhídrico y no neutra; el primer punto, empleo del cloruro potásico, queda aclarado por manifestar que facilita la disolución del cobre, cuyo coeficiente de solubilidad es mayor en la sal doble, y el empleo de la solución ácida para prevenir la formación de sales básicas de hierro y facilitar la disolución de la muestra.

Filtrando la solución, recogeremos la materia carbonosa, la sílice y el sulfuro de cobre; lavando con ácido clorhídrico, quitaremos el hierro que pueda bañar el precipitado, obteniéndose el azufre del acero absolutamente libre de aquel metal, siendo, en tal estado, la precipitación en forma de sulfato bárico recomendable por completo. El método es rápido; pues sólo exige cuatro horas aproximadamente, y los resultados obtenidos ofrecen positiva garantía. Los detalles a tener presente son los siguientes: el factor para pasar del sulfato bárico al azufre es 0,1374, y la relación $\frac{0,1374 \times 100}{4,57} = 3$; por tanto, conviene tomar un peso de muestra igual a 4,57 gramos, a fin de obtener el azufre reducido a % sin más que multiplicar por 3 el peso hallado de sulfato bárico; en vaso de 600 $cm.^3$ de capacidad se trata por 250 $cm.^3$ de la solución de cloruro doble de cobre y potasio; conocida en la determinación del carbono y a la temperatura ordinaria, se efectúa la disolución mediante agitación enérgica, producida por un vástago de vidrio con paletas movido eléctricamente; en media a una hora, según la clase de acero, está la disolución efectuada; se filtra (a la trompa) sobre asbesto, se lava cinco veces con solución al 5 por 100 de HCl, pasando la pelota de asbesto con el precipitado al vaso donde se verificó la solución; se oxida el azufre con 20 $cm.^3$ de HNO^3, agregando algunos cristales de clorato potásico para destruir la materia carbonosa; como parte del manganeso precipitaría en forma de óxido, se agrega 5 a 10 $cm.^3$ de HCl para disolverle; nuevamente se filtra sobre asbesto;

recogiendo el líquido filtrado y evaporando a sequedad, se disuelve en 10 cm.^{3} de HCl, y se evapora a sequedad otra vez; para separar la sílice, se disuelve en 10 cm.^{3} de HCl al 2 por 100 y 20 de agua, y se filtra precipitando en el líquido filtrado el azufre con 4 cm.^{3} de la solución al 10 por 100 de $BaCl^2$. La precipitación debe hacerse a la ebullición, agitando el líquido mientras el cloruro es añadido, dejándole posteriormente en digestión sobre el plato calentado al gas durante media hora antes de filtrar y pesar el sulfato bárico, previo lavar hasta dejarle libre de cloruro.

Siguiendo las prescripciones anteriores, y sobre un acero con dosis de azufre certificado por el "Bureau of Standards" 0,042 por 100, hemos obtenido en sucesivas determinaciones 0,039, 0,040 y 0,042 por 100; números que son en absoluto satisfactorios en esta clase de determinación.

No es oportuno dejar de señalar la importancia que tiene el método de evolución para el químico técnico, al que puede recomendársele en los casos que indicamos, al no serle necesaria la gran precisión del químico investigador; pues se encuentra, al seguirle, economías considerables de tiempo, con aproximación suficiente a las exigencias del laboratorio de una fábrica metalúrgica; mas, como resultado de nuestros trabajos, recomendamos algunas modificaciones al método frecuentemente dado a conocer por químicos analistas diversos; modificaciones sugeridas por nuestra práctica y las enseñanzas recogidas trabajando en el ya tantas veces citado "Bureau of Standards", el "Laboratorio Nacional" de los Estados Unidos de América del Norte. El hidrógeno sulfurado, desprendido en el ataque por ácido clorhídrico diluido, preferimos recogerle sobre una solución amoniacal de sulfato de zinc, en vez de utilizar la sal de cadmio, recomendada por Monell, o el acetato de zinc, que aconseja Marinot, principalmente por las mayores facilidades de preparación y menos coste de esta sal en nuestro país. La valoración del yodo consumido en la oxidación del H^2S, procedente aquél de una solución de yoduro potásico, en vez de efectuarla tomando como base el dicromato potásico, recomendado por Blair, preferimos realizarla partiendo del permanganato potásico valorado con la sal de Sörensen, por ser solución de mucho más empleo en los laboratorios metalúrgicos al determinar el fósforo, manganeso, hierro, vanadio, etcétera, en los aceros. La acción del permanganato se funda en que en una solución de yoduro potásico acidulada por ácido clorhídrico, el permanganato pone en libertad una cantidad de yodo que permite conocer la siguiente reacción:



$$2KMnO^4 + 10KI + 16HCl = 12KCl + 2MnCl^2 + 8H^2O + 10I$$

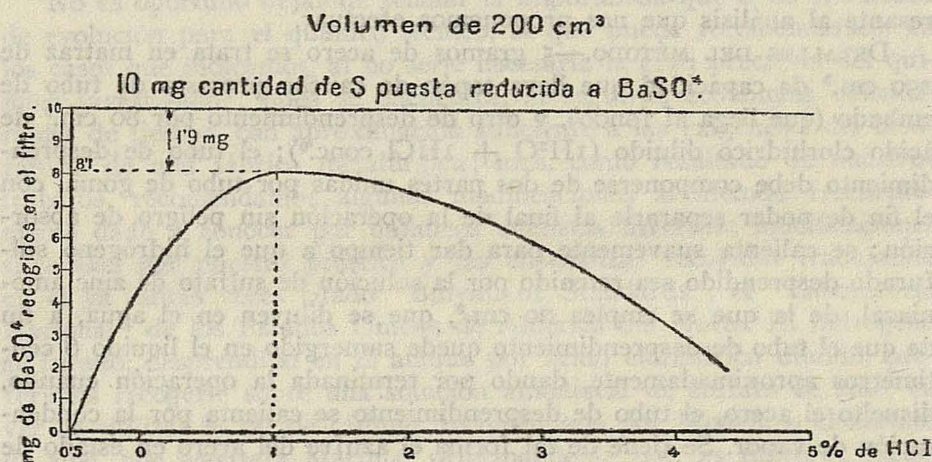
siempre que la valoración del permanganato, o sea su riqueza en Mn por centímetro cúbico, sea conocida, así como también el volumen que se utilizó, generalmente 20 cm.^{3} de N/30 $KMnO^4$. La solución de KI se prepara tomando unos cristalitos de la sal (no hace falta peso conocido) y disolviéndoles en agua; conocido el yodo, se toma como tipo para valorar una solución de hiposulfito sódico. Si ahora una solución de KI, aproximadamente N/100, se trata en volumen perfectamente conocido por HCl para poner en libertad su yodo, y valoramos éste con el hiposulfito-tipo, tendremos conocida la equivalencia entre el centímetro cúbico del licor KI y el yodo, y, por tanto, como el H^2S actúa sobre el último según la reacción $H^2S + I^2 = 2HI + S$, pasaremos a la equivalencia en azufre por centímetro cúbico del licor KI, que es la interesante al análisis que nos proponemos efectuar.

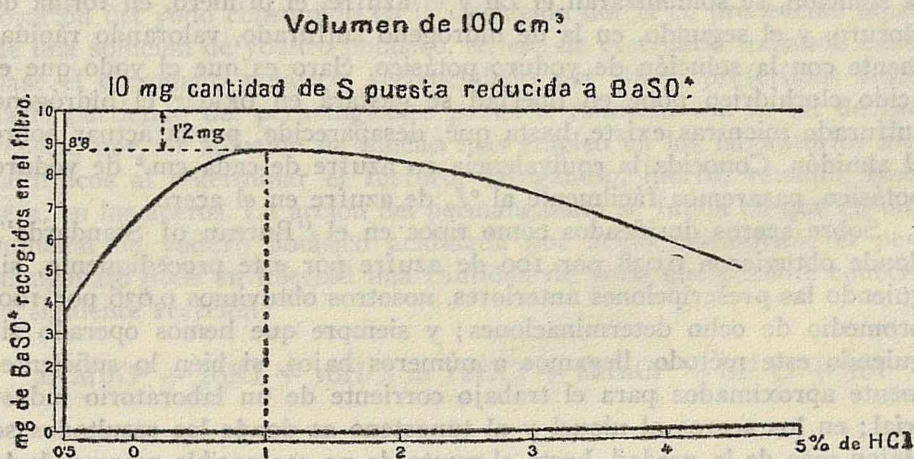
DETALLES DEL MÉTODO.—5 gramos de acero se trata en matraz de 250 cm.^{3} de capacidad que lleva tapón de caucho provisto de tubo de embudo (que llega al fondo), y otro de desprendimiento por 80 cm.^{3} de ácido clorhídrico diluido ($1H^2O + 1HCl$ conc.°); el tubo de desprendimiento debe componerse de dos partes unidas por tubo de goma, con el fin de poder separarle al final de la operación sin peligro de absorción; se calienta suavemente para dar tiempo a que el hidrógeno sulfurado desprendido sea retenido por la solución de sulfato de zinc amoniacal, de la que se emplea 20 cm.^{3}, que se diluyen en el agua, a fin de que el tubo de desprendimiento quede sumergido en el líquido 6 centímetros aproximadamente, dando por terminada la operación cuando, disuelto el acero, el tubo de desprendimiento se calienta por la condensación de vapor. Se tiene de tal forma el azufre del acero en estado de sulfato de zinc; agregando 40 cm.^{3} del ácido clorhídrico empleado en la solución, se solubilizarán el Zn y el azufre, el primero, en forma de cloruro, y el segundo, en la de hidrógeno sulfurado, valorando rápidamente con la solución de yoduro potásico, claro es que el yodo que el ácido clorhídrico pone en libertad se gastará en oxidar el hidrógeno sulfurado mientras existe, hasta que, desaparecido, pueda actuar sobre el almidón. Conocida la equivalencia en azufre de cada cm.^{3} de yoduro potásico, pasaremos fácilmente al °/$_0$ de azufre en el acero.

Sobre aceros dosificados como tipos en el "Bureau of Standards", donde obtuvieron 0,038 por 100 de azufre por este procedimiento, siguiendo las prescripciones anteriores, nosotros obtuvimos 0,036 por 100, promedio de ocho determinaciones; y siempre que hemos operado siguiendo este método, llegamos a números bajos, si bien lo suficientemente aproximados para el trabajo corriente de un laboratorio industrial; en los aceros al níquel y al tungsteno es donde los resultados se alejan más de la verdad, hasta el punto de no ser posible recomendarle

en tales casos, o, al menos, el resultado de nuestra experiencia no nos permite hacerlo así.

Consideramos muy interesante, cuando se trate de la precipitación del azufre en licor férrico en forma de sulfato bárico, por ser método muy recomendado, a pesar de que lleva a indudables errores, dar al Congreso de Ingeniería un esquema de las curvas obtenidas siguiendo este método sobre soluciones de cloruro férrico libres de azufre, y a las que se agregan cantidades exactamente conocidas de sulfato sódico y, por tanto, de aquel metaloide, considerando como variables el °/₀ de acidez de la solución y el volumen de la misma como constante; se deja en reposo veinticuatro horas, a fin de dejar verificarse la reacción.





De su examen se desprende: 1.º Que la precipitación es incompleta por 1,9 mg. o por 1,2, según el volumen.—2.º Que hay un máximo de precipitación al 1 por 100 de acidez más alto en el volumen de 100 centímetros cúbicos que en el de 200.—Y 3.º Que el aumento o decrecimiento de acidez trae una rápida variación en la cantidad de azufre precipitada de mayor importancia en el volumen de 200 que en el de 100 cm.³ Resumen de este examen es que, en trabajos de precisión, debe prescindirse de un método que ofrece tantos inconvenientes en la determinación de un elemento que, como el azufre, es para el metalurgista de tan capital interés.

Determinación del manganeso.

Entre todos los métodos para determinar el manganeso que hemos ensayado en el Laboratorio Químico del "Taller de Precisión de Artillería", de Madrid, y en el "Bureau of Standards", de Washington, damos la preferencia al conocido por la denominación de método al bismutato sódico, a pesar de que también es muy útil el señalado recientemente por Travers, y que recomienda Marinot, tomando como base el persulfato amónico. El método al bismuto se funda en la oxidación del manganeso al estado de permanganato por el tetróxido de bismuto; pero dado lo perjudiciales que son los cloruros en esta determinación y la dificultad de obtener el tetróxido libre de ellos, se prefiere utilizar el bismutato sódico preparado a base del hidrato sódico y subnitrato de bismuto. Tal es la precisión de la reacción, que en 50 cm.³ de solución nítrica 0,000005 gramos manganeso dan color apreciable a la vista, y en los aceros bajos, el manganeso es tal su seguridad, que, realmente, no es bien comprensible, según manifiesta Blair, deje de tener un uso general en todos los laboratorios metalúrgicos; los detalles a observar son los siguientes: 1 gramo de acero en vasija Erlenmeyer se ataca por 50 cm.³ de ácido nítrico (3 partes H^2O y 1 HNO^3 conc.º), hirviendo hasta desalojar los óxidos de nitrógeno y dejando enfriar, dado que el ácido permangánico, muy estable en frío, en la solución nítrica de p. e. 1,135 gramos, es descompuesto rápidamente por el calor en presencia del tetróxido de bismuto, precipitando el MnO^2; como al disolverse un acero en los ácidos se forman, según es sabido, compuestos de forma C_x H_x O_x se hace necesario destruirlos, pues actuarían sobre el permanganato formado falseando la reacción. (Esto acontece al determinar el hierro volumétricamente con el permanganato; si no se destruyen con el persulfato, etcétera, los números obtenidos para el Fe son altos.) La destrucción de estos compuestos se verifica agre-

gando en frío medio gramo aproximadamente de bismutato sódico, con lo cual se forma el permanganato, calentando a la ebullición para descomponer éste y oxidar aquellos compuestos, lo cual precipita el MnO^2, que se disuelve agregando unas gotas de solución de sulfito sódico, calentando unos minutos y dejando enfriar para volver a añadir un exceso de bismutato sódico (una cuchara, media de las de postre y 50 cm.^{3} de una solución al 3 por 100 HNO^3 con el ácido de p. e. 1,20) nuevamente; como el bismutato actuaría sobre el sulfato ferroso, falseando el análisis, es preciso filtrar sobre asbesto, y al líquido filtrado agregar un volumen conocido de solución de $FeSO^4$ en relación a la cantidad de manganeso del acero (20 cm.^{3} en general es suficiente) y 3 de solución de ácido fosfórico de p. e. 1,71 para apreciar mejor el cambio de color, valorando el sulfato ferroso no oxidado con el licor-tipo de permanganato, según es práctica usual. Ateniéndonos a las prescripciones indicadas, hemos obtenido sobre aceros tipos valorados en el "Bureau of Standards" con dosis de 0,619 por 100 y 0,437 por 100 los resultados siguientes: 0,616 por 100 y 0,426 por 100 en diversas determinaciones efectuadas.

Manganeso, en los aceros y aleaciones con cromo y vanadio.— No es posible seguir el método anterior, tratando de estas aleaciones, dado que el bismutato, al propio tiempo que al manganeso, oxida a aquellos dos elementos, formando los óxidos CrO^3 y V^2O^5, que ambos ejercen acción sobre el sulfato ferroso y falsean la determinación; es preciso, pues, hacer sufrir al método una modificación para separar aquellos metales, y eso se consigue precipitándolos en forma de óxidos, cuando la solución está casi toda ella al estado de sal ferroso, a fin de precipitar la menor cantidad posible de hierro y facilitar la filtración y, por tanto, la rapidez del método, y ya en el líquido desprovisto de cromo y vanadio, utilizar el bismutato como en el caso general.

Un gramo de acero en Erlenmeyer, cubierto con vidrio de reloj, se ataca por 5 cm.^{3} de H^2SO^4 (30 por 100) y 20 de agua, calentando hasta que, efectuada la disolución, quede sólo la materia carbonosa; se agregan 100 cm.^{3} de agua hirviendo, y sosteniendo la ebullición se vierte de una bureta solución de bicarbonato sódico (80 g. por litro), hasta formar un precipitado permanente, y después, 5 cm.^{3} más, hirviendo durante tres o cuatro minutos, y dejando depositar el precipitado, se filtra, y lava con agua hirviendo seis u ocho veces; el líquido se utiliza para determinar el manganeso, en tanto que el cromo y vanadio se determina tratando la materia insoluble según más adelante indicaremos.

El líquido del filtrado se presenta turbio por la presencia de sales básicas de hierro, se le agregan 12,5 cm.^{3} HNO^3 (p. e. 1,42) y se sostiene la ebullición hasta que las sales básicas se disuelvan; se reduce

el volumen a 25 cm.^{3}, pasándole a un Erlenmeyer, y se sigue en todas sus partes el método indicado anteriormente.

Obsérvese que en los aceros corrientes se disuelve un gramo en 50 cm.^{3} de HNO^3 ($3H^2O$ y $1HNO^3$ conc.º), o sea, 12,5 de ácido nítrico concentrado, que es lo que ahora utilizamos.

Sobre un acero cromo y vanadio valorado en el "Bureau of Standards" como tipo, obtuvimos una riqueza en manganeso de 0,78 por 100 sobre 0,80 por 100 que acusaba el certificado, como se ve perfectamente satisfactoria y seguimos en todas sus partes el método que se detalla anteriormente.

Determinación del níquel.

Recomendamos para esta determinación la precipitación en forma de dimetilglioxima de níquel $Ni(C_4H_7N_2O_2)_2$, que contiene, como es sabido, 20,314 por 100 del metal; mas entre los variados procedimientos conocidos, partiendo de esta precipitación, pesada del níquel metálico, volumetría con el cianuro potásico, pesada de la dimetilglioxima, la experiencia de los varios análisis efectuados, siguiendo todos ellos, nos dice que la preferencia debe concederse al último; así que nos ocuparemos ahora de la determinación del níquel en los aceros por precipitación en forma de dimetilglioxima y pesada de la misma; mas dentro de este sistema, y aun cuando los libros de análisis consultados nada dicen sobre el particular, creemos muy útil señalar que, en nuestro entender, el procedimiento debe variarse según las dosis de níquel del acero; y la razón técnica es la siguiente: Es perfectamente sabido que la dimetilglioxima precipita al níquel en la solución del acero en un ácido una vez hecha amoniacal; pero que, como el amoníaco precipita al hierro, es indispensable la presencia de un agente como el ácido tártrico, cítrico, la glicerina, etcétera, que forma iones complejos con aquel metal, impidiéndole precipitar; pues bien: en caso de un acero con dosis reducida de níquel, es menester ir a tomar pesos crecidos de materia, 5 gramos, y la cantidad de hierro es tal, que se precisa mucho ácido tártrico para evitar la precipitación, y esto origina la formación de sales básicas y contratiempos en la operación que pueden y deben evitarse, separando el hierro, siguiendo el procedimiento de Rothe, por medio del éter, sobre el cual haremos algunas indicaciones, ya que le hemos visto utilizar muchas veces en los laboratorios, sin tener presente las condiciones a verificar para que la separación que se persigue tenga un valor máximo. Fundado el método de Rothe en que el éter, en una solución acuosa de cloruros, se apodera del férrico y

deja libres los demás, fácilmente se comprende que la densidad de la solución ejerza una influencia extraordinaria, y que sea preciso procurar quede entre los límites de 1,100 a 1,105, lo cual se consigue evaporándola en forma que con los lavados con ácido clorhídrico diluido p. e. 1,1, al pasarla al embudo separador, no ocupe un volumen mayor de 40 cm.^{3}, y hasta 125 ó 130 cm.^{3}, llenando el último con éter; el éter, al elevar su temperatura, por el simple calor de la mano, puede actuar como reductor cerca del cloruro férrico; y a fin de evitarlo, la mezcla y agitación deben efectuarse teniendo el embudo separador bajo la corriente de agua fría de una fuente; el lavado final se efectuará con 10 cm.^{3} de HCl p. e. 1,1, y la agitación y mezcla debe ser seguida de una comunicación del embudo con la atmósfera, para evitar los inconvenientes de un exceso de presión.

Toda la marcha general es perfectamente conocida, y sería molestar inútilmente la atención del Congreso entrando en sus detalles; tan sólo los que hemos indicado fundados en bases científicas, no siempre muy tenidas en cuenta, nos pareció útil señalar, a fin de facilitar la labor del que tenga que efectuar separaciones con éter; problema muy frecuente en la indusria del acero.

Detalles del procedimiento a seguir en el análisis del níquel en los aceros ordinarios que le contienen en muy pequeñas cantidades.—Hemos indicado que la dimetilglioxima tiene una riqueza en níquel que puede suponerse para los cálculos aproximadamente igual a 20 por 00; conviene, pues, en aceros donde sea preciso tomar cantidades crecidas de muestra por la escasa dosis de níquel, partir de un peso inicial de 5 gramos, y de tal forma, el número obtenido para peso de dimetilglioxima da multiplicado por 4 el por 100 de níquel del acero (el verdadero factor es 4,063). En vaso de 250 cm.^{3}, cubierto con vidrio de reloj, se tratan por 25 cm.^{3} de HCl concentrado y 25 cm.^{3} de agua, agregando, cuando la reacción se ha calmado, 10 cm.^{3} de HNO^3 para oxidar la solución y obtener el hierro en forma de cloruro férrico como es conveniente a la separación con éter; se evapora a sequedad disolviendo en 25 cm.^{3} de HCl concentrado y filtrando para separar la sílice. El líquido recogido se concentra a consistencia siruposa; y una vez frío, se somete al tratamiento con éter según se ha indicado anteriormente. A la solución que contienen los cloruros de todos los metales, excepto el hierro, se agregan 3 gramos de ácido tártrico en cristales, previo desalojamiento del éter por ebullición, volviéndola ligeramente amoniacal; en este estado, y a la ebullición, se agregan con vigorosa agitación 25 cm.^{3} de una solución de dimetilglioxima al 1 por 100 y se deja reposar durante una hora, filtrando sobre crisol Gooch previamente tarado y secando a 120°.

El resultado de nuestros trabajos experimentales nos conduce a recomendar este método sobre el aconsejado por muchos autores y seguido en el "Bureau of Standards", de agregar la dimetilglioxima en solución débilmente clorhídrica, y hervir en este estado y haciéndola después amoniacal, y en los análisis que en el citado "Bureau" practicamos le aplicamos con completa satisfacción.

La solución de dimetilglioxima es práctica usual en los laboratorios prepararla partiendo del alcohol puro de 96°; no vemos inconveniente, y, en cambio, sí, una economía prepararla a base del alcohol industrial, y los resultados de nuestros trabajos nos permiten aconsejar esta forma de empleo.

En un acero con dosis de 0,12 por 100 de níquel certificado por el "Bureau of Standards", siguiendo el método anterior, hemos obtenido en varias determinaciones concordantes un promedio de 0,11 por 100; resultado que es absolutamente satisfactorio.

Trabajando con el producto denominado "steellita", aleación que contiene más del 30 por 100 de cobalto, hemos comprobado que las cantidades crecientes de este metal impiden la precipitación en forma de dimetilglioxima de níquel; y, en este caso, bien poco frecuente en los aceros, había que recurrir al conocido sistema de utilizar el H^2S y separar con el nitrito potásico, que de todos los metalurgistas es perfectamente conocido. Marinot recomendó el año pasado a la Sociedad Química Francesa, en el trabajo de que ya nos hemos ocupado, del método electrolítico, consistente, como es sabido, en la precipitación por la corriente eléctrica del níquel en solución ácida vuelta amoniacal, y, por tanto, previa separación del hierro por el éter; en diversas ocasiones, y principalmente tratando del análisis de las antiguas envueltas de balas de fusil, constituídas por una aleación de cobre, níquel y hierro, seguimos el método en nuestro laboratorio con excelente resultado; mas, en la actualidad, utilizamos la dimetilglioxima por las razones siguientes: 1.ª La precipitación electrolítica valora el cobalto como níquel.—2.ª No es aplicable a los aceros cromados.—Y 3.ª Es más lenta. En cuanto a exactitud, bien claro prueban los resultados dados a conocer que nada es posible ya pedir al método de precipitación que recomendamos.

Determinación del níquel en los aceros de esta clase que le contienen en proporción ya más crecida.—No es aquí precisa ni conveniente, por razón de economía de tiempo, la previa separación del hierro con éter, y se procede de la manera siguiente: Un gramo de la muestra se disuelve en 60 cm.³ de ácido sulfúrico p. e. 1,22, y se oxida con ácido nítrico diluido p. e. 1,13, empleando 30 cm.³, y se hierve hasta obtener un líquido perfectamente transparente; se agregan 30 cm.³ de

solución al 10 por 100 de ácido tártrico, y a continuación se procede a hacerla ligeramente amoniacal, llevando a la ebullición, y agregando lentamente en este estado, 25 cm.^{3} de solución al 1 por 100 de dimetilglioxima, dejándola reposar durante una hora para proceder a la filtración sobre crisol Gooch, previamente tarado.

Trabajando en nuestro laboratorio con aceros cromo-níquel, hemos observado en diversas ocasiones que la solución en ácido nítrico, recomendada por muchos analistas en la determinación por la dimetilglioxima, da lugar a un líquido turbio que dificulta toda la marcha de la operación; y para evitar ese contratiempo y dar una solución general, recomendamos el ataque por ácido sulfúrico, que Blair considera el mejor y nos ha dado excelentes resultados.

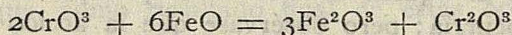
Una aclaración nos es indispensable hacer en este momento, porque ella es precisa a todo aquel que no haya practicado muchas veces este método sobre clases distintas de acero: es la referente a la previa eliminación de la sílice, que, en el caso de la separación del hierro con el éter, recomendamos efectuar, y, en cambio, no en el de no ser preciso el aislamiento de aquel metal. La razón es, aparte la diferencia en los pesos de muestra, que en el embudo separador, cuando la sílice gelatinosa existe, se forma un tapón que obtura el orificio por donde se recoge la solución, lo cual constituye grave inconveniente; no es tanta la importancia de una alteración en el peso de la dimetilglioxima, dado que la cantidad de sílice recogida no deshidratando la solución, ejercerá muy pequeña influencia en el resultado; una gran cantidad de análisis en que no teníamos aquella precaución, sufriendo los consiguientes contratiempos, nos ha indicado la conveniencia de aconsejar a los demás la tengan presente.

Sobre un acero con cromo y vanadio con proporción de níquel de 1,16 por 100, hemos obtenido, como promedio de una serie de determinaciones concordantes, 1,18 por 100 perfectamente satisfactorio resultado.

Determinación simultánea del cromo y vanadio en los aceros.

El fundamento del método de determinación para estos metales, que recomendamos a continuación, es la transformación mediante un oxidante del cromo en ácido crómico y del vanadio en ácido vanádico; cuando se logra pasarlos a tal estado y el óxido férrico es totalmente separado, a fin de que en la reducción con el zinc amalgamado no sufra él también una reducción que falsearía la dosificación del vanadio con el permanganato, se determinan sobre porciones distintas el cromo y el vanadio; el primero, mediante el sulfato ferroso, y el permanganato po-

tásico, fundándose en que el ácido crómico, en su oxidación, actúa por molécula sobre tres átomos de hierro,



$$2CrO^3 + 6FeO = 3Fe^2O^3 + Cr^2O^3$$

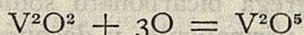
mientras el parmanganato obre sobre cinco átomos de aquel metal, por molécula también, $2KMnO^4 + 10FeSO^4$ en forma que

$$\frac{1 \text{ átomo Mn}}{1 \text{ átomo Cr}} = \frac{5}{3} = 1{,}66 \text{ ó } 54{,}93 \text{ Mn equivalen a } 52 \times 1{,}66 \text{ Cr;}$$

es decir, que un gramo de Mn equivale a

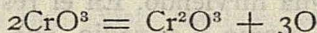
$$\frac{52 \times 1{,}66}{54{,}93} = 1{,}57 \text{ Cr}$$

bastando multiplicar el titro del permanganato en Mn por 1,576 para pasar al titro en cromo; el vanadio se dosifica en la segunda porción con el parmanganato potásico, previa reducción con el zinc, teniendo presente que el último le lleva al estado de V^2O^2, y el permanganato le substituye al de V^2O^5; es decir, que se cerifica



$$V^2O^2 + 3O = V^2O^5$$

pero es sabido que la doble molécula de ácido crómico también actúa por tres átomos de óxigeno:



$$2CrO^3 = Cr^2O^3 + 3O$$

en forma que un átomo de vanadio equivale a un átomo de cromo, ó 51 V equivale a 52 Cr; por tanto, X vanadio equivale a un átomo de cromo, ó X equivale a 1 Cr; $X = \frac{51}{52} = 0{,}981$; es decir, que multiplicando el titro del permanganato en cromo por 0,981, se tiene su titro en vanadio.

La razón de incluir en un solo caso la determinación de cromo y vanadio es que el resultado de nuestra experiencia ha llegado a convencernos que no hay medio de investigar la presencia del vanadio más seguro que comprobar la reducción del $KMnO^4$ al valorar el cromo, sin atrevernos a aconsejar a nadie el método colorimétrico, que le llevará a errores lamentables en gran número de casos.

Utilizando crisoles de hierro en la fusión, nos ocurrió, al disolver el producto de ella en agua y calentar en el baño de vapor, ver el color

verdoso; señal de la presencia del manganeso. Ello nos llevó a sospechar si el hierro del crisol le contenía, dado que el manganeso del acero debió pasar todo al líquido filtrado en la precipitación con $NaHCO^3$. En efecto: así ocurría; pero obsérvase que la acción del calor precipitará este Mn en forma de óxido, y, por tanto, que en el filtrado final, él no perjudicará aun empleando el persulfato amónico, como indicaremos.

Nos son conocidos los importantes estudios de Wynkoop respecto al uso de los crisoles de hierro y níquel en las fusiones con peróxido de sodio, demostrando que se originan, al tratar el ferrocromo, compuestos que actúan a la manera del ácido crómico sobre las sales ferrosas; sin embargo, es tal su economía y tan pequeña la influencia de aquéllos en los resultados finales, que no vacilamos en aconsejar su empleo en la determinación de cromo en los aceros aun cuando algunas operaciones sean perdidas por la rotura inesperada de un crisol, como nos ha acontecido varias veces.

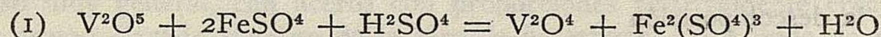
Detalles a tener presente en la determinación del cromo en los aceros.—En Erlenmeyer de 300 cm.³, cubierto con vidrio de reloj, se disuelven 2 gramos del acero en 10 cm.³ de H^2SO^4 a 30 por 100 y 20 cm.³ de agua; y efectuada la disolución, se diluye a 200 cm.³ con agua hirviendo, y se agrega bicarbonato sódico de una bureta, hasta producir un precipitado permanente, y después, 4 cm.³ más (ya manifestamos, al tratar de la determinación del manganeso en los aceros cromo-vanadio, la razón de este sistema de proceder); se hierve dos o tres minutos, y dejando depositarse el precipitado, se filtra y lava cuatro o cinco veces con agua hirviendo. En el residuo insoluble están, entre otros óxidos, los de cromo y vanadio, que ahora nos interesan. Se incinera el precipitado en crisol de hierro, y se funde con un volumen próximamente diez veces el suyo de peróxido de sodio; la fusión debe efectuarse con llama baja, y más por los costados que por el fondo, a fin de evitar la rotura del crisol, con la consiguiente operación perdida; fundido el peróxido de sodio, se sigue calentando dos o tres minutos, dando vuelta al crisol; y una vez frío, se coloca en vaso de 300 cm.³, cubierto con vidrio de reloj, para evitar proyecciones en la descomposición del peróxido de sodio en exceso, agregando 100 de agua caliente, llevándole al baño de vapor; quitando el crisol, se tiene una hora, para que aquella descomposición tenga lugar por completo; filtrando el líquido sobre doble filtro; pues el óxido de hierro tiene gran tendencia a pasar a través de él; lo que se evita lavando con solución fuertemente alcalina y procurando que el precipitado no ocupe volumen mayor de los $^2/_3$ del filtro; se concentra la solución resultante, si es preciso, hasta volumen de 200 cm.³, medido en frasco graduado, y se divide en dos

porciones de 100 cm.³ correspondientes a un gramo de muestra, una para determinar el cromo, y la otra el vanadio.

Es evidente que, como resultado final de estas operaciones, tenemos al cromo en forma de CrO^3, y al vanadio, en la de V^2O^5, comenzando ahora por ver cómo llegamos a determinar la proporción de cromo del acero.

A los primeros 100 cm.³ le agregamos ácido sulfúrico en exceso para cambiar la reacción de la solución y un volumen conocido, 25 cm.³ de solución de sulfato férreo amónico (preparado como se practica al determinar el Mn); el ácido crómico oxida al sulfato ferroso, y la parte de éste no oxidada la da a conocer una valoración con permanganato, pudiendo venirse fácilmente con operaciones de cálculo que no es oportuno detallar y con los datos de titro de $KMnO^4$, que indicamos al comienzo a conocer la proporción de cromo en el acero.

El apreciar el fin de la reacción ofrece algunas dificultades por el color verdoso de la sal crómica, y sólo la práctica es capaz de señalar el preciso instante en que el tinte púrpura indicador de tal momento es obtenido; pero como nosotros hemos logrado vencerlas a los pocos días de ensayar el método, aconsejamos a los que le utilicen de nuevo no se descorazonen por la incertidumbre hallada al principio, que al final le dan la compensación; no olvidando que en la anterior solución se encuentra el vanadio en forma de ácido vanádico; y sabiendo que el sulfato ferroso le convierte en V^2O^4, pudiera, sin meditación detenida, creerse que los cálculos anteriores eran erróneos, por cuanto determinamos la cantidad de cromo, como si él fuera el único oxidante para el sulfato ferroso, mientras que existe también aquel metal o puede, al menos, existir en los aceros sometidos a análisis. Tal pregunta nos la hemos hecho muchas veces, sin encontrar texto a nuestro alcance que nos diera una clara y razonable contestacion; mas, en este trabajo, creemos explicar el hecho, a los asistentes al Congreso que se encuentren en nuestro caso, con toda claridad. El ácido vanádico oxida al sulfato ferroso, según la reacción:



$$(1) \quad V^2O^5 + 2FeSO^4 + H^2SO^4 = V^2O^4 + Fe^2(SO^4)^3 + H^2O$$

y en la determinación del cromo con el permanganato, éste lleva otra vez el V^2O^4 al estado de V^2O^5; como $2KMnO^4 = K^2O + 2MnO + 5O$, el átomo de oxígeno que es preciso para la oxidación de V^2O^4 a V^2O^5, se logra con $^2/_5$ de $KMnO^4$ en la oxidación del sulfato ferroso con el permanganato, se sabe también que $2KMnO^4$ corresponden a 10 de sulfato ferroso, los dos de sulfato ferroso oxidados en (1) por el V^2O^5 equivalen, pues, a $^2/_5$ también de $KMnO^4$, en forma que si, por un lado,

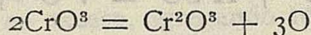
por la oxidación del sulfato ferroso, deben gastarse $^2/_5$ $KMnO^4$ de menos, y de otro, por la oxidación del V^2O^4, $^2/_5$ de $KMnO^4$, además puede prescindirse por completo de este último metal en el dato obtenido para el cromo, siempre que se tenga la precaución, en la valoración con el $KMnO^4$, de llegar a la persistencia del color; pues la oxidación del vanadio por el parmanganato es lenta. El Congreso de Ingeniería, con su autoridad, verá si la explicación anterior es o no acertada; pues nosotros no acertamos a solución que ofrezca más claridad.

Detalles a tener presente en la determinación del vanadio en los aceros.—En 100 cm.^{3} de solución se determina el vanadio en la forma siguiente: se neutralizan con ácido sulfúrico diluido, agregando después 3 cm.^{3} más (p. e. 1,84); se calienta a la ebullición, y se reduce por el zinc, empleando el aparato sistema Jones, de todos conocido y sumamente conveniente; a la solución reducida se agregan 10 cm.^{3} de alumbre férrico (15 g. sal + $25H^2SO^4$ por litro) y 5 cm.^{3} de ácido fosfórico (p. e. 1,71), titrando al calor con $KMnO^4$ hasta tinte rosa persistente; de los centímetros cúbicos de éste gastados, hay que descontar $^1/_3$ de los empleados en la primera porción al valorar el cromo, calculando el resultado en vanadio con arreglo a la equivalencia dada a conocer en los fundamentos de esta determinación. La explicación del porqué es menester substraer aquel número de centímetros cúbicos es: que el zinc lleva al vanadio de la forma V^2O^5 a la V^2O^2; pero como puede haber cromo, también a éste le transforma de CrO^3 a CrO (fíjese que los estados finales son distintos al reducir con zinc que con $FeSO^4$). Pues bien: el permanganato lleva al vanadio del estado V^2O^2 al V^2O^5; pero al cromo no es capaz de pasarle del Cr^2O^3 (precisamente en esto se funda la determinación del cromo, pasando de CrO^3 a Cr^2O^3 con el $FeSO^4$, y quedando en forma de Cr^2O^3 con el $KMnO^4$); es decir, que el cromo y el permanganato reaccionan en la forma sigiente:



$$2CrO + O = Cr^2O^3$$

mientras que en la oxidación del sulfato ferroso, el ácido crómico sufre la descomposición



$$2CrO^3 = Cr^2O^3 + 3O$$

es decir, que interviene con triple cantidad de oxígeno; por tanto, en la determinación de vanadio, se precisa tomar solamente $^1/_3$ de cm.^{3} del caso en que se determina el cromo.

El alumbre férrico tiene por objeto que el vanadio, en la forma de V^2O^2, en que va a titrarse, se oxida rápidamente al contacto del aire; si esa oxidación del sulfato férrico del alumbre la verifica, ten-

dremos formado el sulfato ferroso, que consume permanganato, contrarrestando el que se obtiene de menos por la parte oxidada de vanadio. En cuanto al ácido fosfórico, es de todos sabido que hace más preciso el punto final incierto por la coloración del ion férrico.

Al llegar el momento de presentar este trabajo al Congreso, nos queda pendiente de completar una investigación sobre la reducción parcial del ácido crómico en las determinaciones de este metal, debido a las filtraciones sobre papel, etcétera; los análisis hasta ahora efectuados parecen indicar tienen lugar en parte, y es buena práctica agregar antes de la valoración en la solución sulfúrica 10 cm.^{3} de solución (aproximadamente 2,5 g. por litro) de $AgNO^3$, hervirla durante diez minutos, agregando persulfato amónico 15 cm.^{3} (solución de 40 g. por litro), a llevar la parte reducida al máximo de oxidación. A los laboratorios de investigación recomendamos seguir los estudios en este sentido, que nosotros, por nuestra parte, hemos de realizar con el mayor detenimiento en el "Taller de Precisión de Artillería".

En la determinación de vanadio es conveniente hacer un blanco con los 100 cm.^{3} de ácido sulfúrico al 5 por 100 que se emplean en las dosificaciones de aquel metal para los lavados del vaso que contiene la solución, previo hacerles pasar a través del reductor y recogerlos como en una determinación ordinaria sobre 10 cm.^{3} de alumbre férrico, y 5 cm.^{3} de ácido fosfórico.

Sobre acero cromo vanadio dosificado en el "Bureau of Standards" con proporción de cromo 1,03 por 100 y vanadio 0,20 por 100 obtuvimos nosotros por el método anterior Cr = 1,01 por 100 y V = 0,18 por 100; promedio de muchas determinaciones útiles.

Determinación del tungsteno en el acero.

Frecuentemente hemos tenido que efectuar determinaciones de esta clase en el Laboratorio del "Taller de Precisión de Artillería"; y, en caso muy general, con aceros con proporciones relativamente crecidas de cromo, llevado siempre de la idea de investigar qué método de análisis es el más seguro en cada caso, hemos operado utilizando el agua regia como disolvente, el ácido nítrico solo, y la mezcla de ácido nítrico y ácido sulfúrico; esta última, recomendada por Marinot a la Sociedad Química Francesa, ofrece el inconveniente, cuando de aceros al cromo se trata, de que el ácido túngstico arrastra consigo al precipitar cantidades más o menos crecidas de aquel elemento; razón por la cual no aconsejamos su empleo, así como tampoco el del ácido nítrico solamente. Limitados al uso de la mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico,

seguimos las indicaciones que da el "Bureau of Standards" en su circular número 14 y las que aconseja Blair en su obra *The Chemical Analysis of Iron,* que difieren principalmente en utilizar, el primero, el agua regia desde el momento inicial de la disolución, y el segundo, en reservar al ácido clorhídrico el papel de disolvente y al ácido nítrico el de oxidante, y, por tanto, hacerle intervenir cuando la disolución está ya efectuada; este último nos dió mucho mejor resultado suprimiendo en todos los casos la violencia de la reacción, y, por tanto, no vacilamos en aconsejarle; generalmente, siempre hemos obtenido el ácido túngstico con óxido de hierro; y cuando se requiere gran precisión, o si la proporción de aquél es crecida, debe tratarse por carbonato sódico y fundir el contenido del crisol después de haber eliminado la sílice a la manera habitual con el ácido fluorhídrico, consiguiendo de tal forma, al tratar la masa por agua, solubilizar el tungsteno y dejar el óxido férrico insoluble susceptible de ser recogido y pesado. Las observaciones de Blair respecto a la permanencia en solución utilizando el agua regia de alguna parte del tungsteno las hemos comprobado, mediante la precipitación en los líquidos filtrados, con la cincocina en el "Bureau of Standards"; mas aun no hemos llegado a determinar la influencia que ella ejerce en la determinación; y es problema que continuamos estudiando con el fin de ver si es preciso variar el método que detallamos a continuación.

Dos gramos de acero se tratan por 50 cm.^{3} de HCl ($1H^2O + 1HCl$ conc.^{o}); y efectuada la disolución, se agregan 15 cm.^{3} de HNO^3 concentrado; cuando se vea aparecer el color amarillo del ácido túngstico, se diluye dos veces su volumen con agua, se hierve y deja enfriar, filtrando y lavando con la mezcla $1HCl + 6H^2O$, teniendo la precaución de desprender el ácido túngstico que se adhiere al vaso con una tira de papel de filtro impregnada con amoníaco; calcinando, vendremos en conocimiento de la suma $WO^3 + SiO^2 + \frac{Fe^2O^3}{\text{si queda}}$; el tratamiento con HFl corriente nos daría la suma $WO^3 + \frac{Fe^2O^3}{\text{si queda}}$, y la fusión con Na^2CO^3 y tratamiento con agua nos suministrará la proporción de WO^3, que es sabido contiene 79,31 por 100 de tungsteno; si quisiéramos determinar la sílice, habría que evaporar la sequedad.

El método anterior sobre un acero con dosis de 3,231 por 100 de tungsteno nos condujo en varias determinaciones al resultado 3,236 por 100 promedio.

Determinación del carbono en los hierros y aceros.

Es un hecho perfectamente conocido, para aquellos dedicados al estudio de los asuntos metalúrgicos, que el carbono difiere de los otros elementos en que se encuentra en estados distintos en un mismo producto (hierro o acero), y también que la Química analítica, en los presentes momentos, no ha sido capaz de llegar más allá de la distribución entre dos de esas formas solamente. Los admirables trabajos de Karsten sobre el grafito, una de las variedades en que se encuentra el carbono en los productos metalúrgicos, ponen de manifiesto que él no es otra cosa que una variedad de carbono puro, y que en aquéllos figura como una mezcla mecánica, siendo ésta la distinción característica con las otras formas de carbono que están presentes formando combinaciones químicas con el hierro; las investigaciones metalográficas llegaron en los últimos años a poner de manifiesto que el carbono combinado existe bajo dos estados diferentes en los aceros; pero hay una laguna que la Química analítica no ha llegado a salvar: decir al químico cómo se distinguen y separan esas dos formas de carbono combinado es problema cuya solución quizá no veamos los que en las épocas actuales nos ocupamos de estos temas; pero nosotros, que siempre miramos benévolamente el porvenir que reserva la Ciencia, no dudamos que día llegará en que el análisis químico haga transparente lo que entre nieblas hoy está. La Química analítica se limita hoy, pues, a decir al químico que investiga cuál es la proporción de carbono total, cuál la de grafítico y cuál la de combinado, y a esto tenemos que concretar el estudio que en estas líneas sometemos al Congreso.

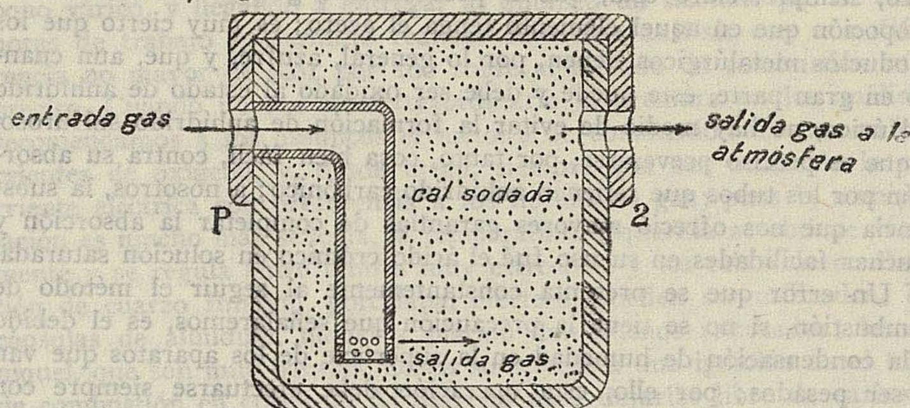
Determinación del carbono total en los hierros y aceros.—La importancia extraordinaria que ofrece este elemento y, por tanto, su determinación, se pone de manifiesto recordando que es el punto de partida en la clasificación de los productos de la industria del hierro, y aun no teniendo esto presente, al químico analítico le bastaría, para descubrirla, considerar el sinnúmero de métodos y procedimientos ideados para dar seguridad, primero, y rapidez, después, en el conocimiento de aquel elemento constituyente del acero. En la pasada guerra, países como Norteamérica, que conocemos más al detalle, por permanecer en ella en los presentes momentos, sufrieron en sus laboratorios químicos tal incremento en los análisis de acero a causa de los pedidos hechos por el Gobierno, que, siendo reducido el número de químicos útiles para ser dedicados a tal misión, se creyó conveniente y hasta necesario el estudio de un procedimiento que, aun sacrificando la seguridad dentro del límite que no ejercieran influencia en las propiedades, aumentara la

rapidez en la determinación del carbono; y el "Bureau of Standards" consiguió la solución perfeccionando el método de titración por el carbono várico, y llegando a entregar al químico un sistema que en ocho horas de trabajo le permitió realizar cincuenta análisis con una diferencia no mayor de 0,01 por 100 sobre el método de combustión más preciso. Cuando no sea tan extraordinario la premura en los análisis, recomendamos a los químicos el método de combustión directa en corrientes de oxígeno, y, desde luego, siempre que sea utilizable la corriente eléctrica con preferencia a los hornos de gas; pues la manipulación es mucho más sencilla, la temperatura requerida se obtiene fácilmente y se regula entre límites muy estrechos, y los tubos de combustión de cuarzo fundido, porcelana, etcétera, pueden ser utilizados; las cápsulas de alundum, níquel y platino dan buenos resultados; las de níquel, que son muy baratas, deben someterse a una ignición en el tubo de combustión en corriente de oxígeno para dejarlas libre de carbono Nuestra recomendación nace de un estudio muy detenido y de muchísimas experiencias en los distintos métodos y sobre productos metalúrgicos distintos; fué una de las primeras preocupaciones que tuvimos al encargarnos del Laboratorio en el "Taller de Precisión de Artillería" substituir el aparato Whiborgh, entonces utilizado, no susceptible de empleo en los modernos aceros con dosis crecidas de cromo y tungsteno, siempre dificultoso y no exacto en su manejo, por un horno de combustión; pero, de una parte, la industria española no suministra ni porcelana ni cuarzo apta para la fabricación de tubos, y en aquellos momentos la importanción era difícil, y de otra, los hornos eléctricos, con la aleación "cromo-níquel", muy baratos y muy prácticos, tampoco eran de fabricación nacional; y decimos eran porque, en la actualidad, el Ingeniero Sr. Haüser, que es a la vez químico ilustre, con una clara inteligencia y su espíritu innovador, dispuesto a toda iniciativa, tiene ya salvada la dificultad, y podemos contar con hornos eléctricos de combustión española; las causas enumeradas dificultaron la instalación del nuevo procedimiento en el "Taller de Precisión", a pesar de la constante ayuda del ministerio de la Guerra en lo que a investigación se refiere; pero sirviéndonos de un horno con resistencia de platino y con tubos de porcelana extranjera que nos suministraron, pudimos dejar en el año próximo pasado una instalación provisional del método efectuado y realizar muchos análisis que aquí, en el "Bureau of Standards" completamos con instalación muy perfecta.

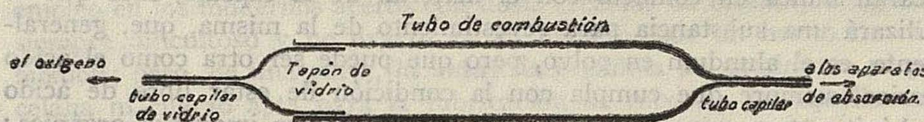
Sólo hay una cuestión de temperatura para determinar la combustión completa o incompleta de las virutas de acero; y cuando ella es apropiada al método directo de combustión, asegura para toda clase de aleaciones la transformación total de su carbono en anhídrido carbó-

nico, siempre, claro está, que el peso tomado guarde relación con la propoción que en aquel elemento tenga el acero; es muy cierto que los productos metalúrgicos tienen, por lo general, azufre, y que, aun cuando en gran parte, éste puede y debe ser oxidado al estado de anhídrido sulfúrico, no hay medio de evitar la formación de anhídrido sulfuroso, y que es preciso prevenirse, por tanto, cosa bien fácil, contra su absorción por los tubos que retienen anhídrido carbónico; a nosotros, la substancia que nos ofreció mayores garantías de completar la absorción y muchas facilidades en su uso fué el ácido crómico en solución saturada.

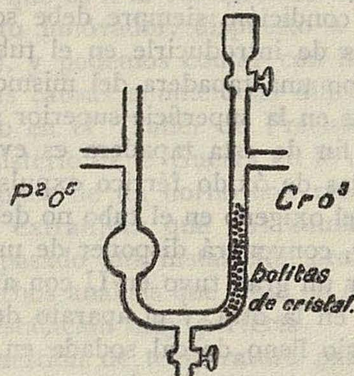
Un error que se presenta constantemente al seguir el método de combustión, si no se tiene la precaución que señalaremos, es el debido a la condensación de humedad en la superficie de los aparatos que van a ser pesados; por ello, esta operación debe efectuarse siempre con contrapeso constituido por un frasco o tubo de igual forma al que va a servir en la absorción y con una diferencia de 2 a 3 gramos en los pesos respectivos. Como substancia absorbente, nosotros no encontramos ninguna tan recomendable como la cal sodada en un fino estado de división. Las virutas de acero y, en general, de la muestra, no se colocarán nunca en contacto con el material de la cápsula, sino que se utilizará una substancia para revestimiento de la misma, que, generalmente, es el alundum en polvo, pero que puede ser otra como el ácido férrico, siempre que cumpla con la condición de estar libre de ácido carbónico y, en general, de álcali y otra cualquier impureza orgánica; al alundum le encontramos la ventaja de que, por su naturaleza, no forma glóbulos y permite la combustión total de la muestra fácilmente. El oxígeno debe ser puro y libre de aceite y compuestas orgánicas; y en caso de no llenar esta condición, siempre debe someterse a una calefacción preliminar antes de introducirle en el tubo de combustión; la cápsula debe cubrirse con una tapadera del mismo metal, abovedada y con cortes semicirculares en la superficie superior para permitir la fácil entrada al oxígeno; el fin de esta tapadera es evitar durante la combustión que las partículas de óxido férrico expulsen el acero fuera de la cápsula. La presión del oxígeno en el tubo no debe exceder de 20 Kg. por cm.^{2}; y si es mayor, convendrá disponer de una válvula reductora: el gas se hará pasar por un gran tuvo en U con anhídrido fosfórico en una rama y cal sodada en la otra, y el aparato de absorción consistirá en un frasquito de vidrio lleno de cal sodada en la forma que indica la figura



es muy manuable en la pesada, y basta él solo para asegurar la completa absorción del CO^2, dado su modo de funcionar en el tubo de combustión, para evitar el uso de tapones de caucho, y, por tanto, para las pérdidas de gas, se utilizará la disposición de la figura



Si no se encuentra en el comercio tubo con el extremo capilar, puede utilizarse uno corriente de porcelana revestido interiormente de vi-



drio, y cortándolo a 40 cm. de longitud, dar una forma en bisel, y en un extremo, por fusión, unirle a un tapón de vidrio, en el que se realizará aquella disposición. La temperatura del horno debe conservarse

entre 1.000 y 1.100 C., y claro está que la atmósfera del laboratorio no debe contener cantidades anormales de gas carbónico, muchos mecheros encendidos, etcétera. Un tubo de la forma que indica la figura con anhídrido fosfórico y ácido crómico en solución en contacto con bolitas de vidrio y provisto de un embudo con llave para renovar el ácido crómico, debe colocarse a la salida del tubo de combustión delante del frasquito que retiene el anhídrido carbónico para evitar el paso de humedad y óxidos del azufre al mismo.

Estos aparatos los hemos visto por vez primera en el "Bureau of Standards", y trabajando con ellos, nos han dado excelentes resultados en cuantas determinaciones efectuamos; la muestra tomada será, según la clase, variable entre uno y tres gramos, y debe colocarse en la cápsula revestida de alundum, previo con una espátula a presión hacer una cama en la misma expulsando el alundum hacia el costado; se coloca en el tubo de combustión cuando está caliente y la corriente de oxígeno se regula en forma que pase a razón de 200 a 400 cm.^{3} por minuto durante diez minutos; con el alundum debe efectuarse primeramente un ensayo en blanco, y como siempre que se tengan las precauciones indicadas, la fusión es completa, no consideramos oportuno, según se ha recomendado por muchos analistas, la segunda fusión de óxido. Siguiendo las precauciones indicadas sobre muestras certificadas en el "Bureau of Standards" como conteniendo 0,6 y 0,2 por 100 de carbono, obtuvimos, como promedio, de gran número de terminaciones 0,50 y 0,2 por 100.

* * *

Cuando este trabajo tiene que ser remitido al Congreso de Ingeniería tenemos entre manos en el "Bureau of Standards", en su Laboratorio Metalúrgico, la determinación sobre distintas maneras del carbón en el acero por medio del método de titración por el carbonato bárico, de que anteriormente nos ocupamos, y que Cam y Maxvell han dado a conocer en el *Journal of Industrial and Egineering Chemisty* (V.^{en} 10, número 7, julio 1918).

El método nos era ya conocido en sus fundamentos, que no difieren de los de la combustión directa más que en que el carbónico, en vez de recogerle sobre cal sodada, se recoge sobre una solución de hidrato bárico; el carbonato bárico es filtrado y tratado por una cantidad en exceso de HCl N/10, valorando el exceso con el licor N/10 NaOH y el metilo naranja como indicador; mas adolecía del defecto este método de ser largo principalmente por la filtración del carbonato bárico en un aparato especial; y en atmósfera libre, el carbónico y, por tal razón, después de varios ensayos, lo abandonamos en nuestro laboratorio. La

modificación que durante la guerra efectuaron en el "Bureau" salva aquel inconveniente, aun sacrificando algo de la seguridad; y sin poder dar aún números definitivos, nuestros ensayos y los resultados obtenidos por los Sres. Cam y Maxwell nos permiten aconsejar a los laboratorios de fábrica donde los análisis se multipliquen lo estudien, pues la economía de tiempo es de gran consideración. La rapidez se ha conseguido teniendo las soluciones preparadas en grandes frascos, y de las que son servidos mediante aire a presión, libre de carbónico, y en igual forma el agua libre de aquel gas para los lavados del carbonato bárico, aumentando la velocidad de filtración de éste, la de paso de oxígeno y permitiendo a la muestra calentarse un minuto en el horno de combustión antes de hacer entrar en él el gas. No detallamos todo el método porque figura en la Revista que conocerán los que, ocupándose de estos asuntos, asisten al Congreso, y sólo hemos considerado oportuno hacer las indicaciones anteriores para llamar la atención de los Congresistas sobre un método al que está reservado gran porvenir, en momentos de aumento en el trabajo y escasez en el personal; sin embargo, sobre éste y todos los procedimientos de análisis que detallamos, siempre estamos dispuestos a ayudar en lo que podemos, que es bien poco por nuestra incompetencia, a los encargados de los laboratorios de las fábricas, y la mayor satisfacción para quien esto escribe será contribuir en cualquier forma al desarrollo de la industria del hierro y acero en España.

Determinación del grafito en los productos metalúrgicos.— La insolubilidad de esta variedad del carbono en los ácidos es el punto de partida para su determinación; y así como a Karsten se debe el ser el primero en señalar la existencia de grafito en el hierro colado, fué a Drown al que es menester atribuir en éxito de la determinación, dado que fué quien mostró un estudio comparativo respecto a la acción de los diferentes disolventes sobre aquella variedad de carbono; él puso de manifiesto que el tratamiento del acero alto en carbón con ácido clorhídrico lleva a una proporción de grafito más elevada que cuando es el ácido nítrico utilizado, porque, con el primero, siempre hay como residuo final algún carbono no cristalino y, por tanto, no grafítico que altera el resultado. El método por nosotros seguido ha sido el siguiente: 2 gramos de la muestra se tratan por 50 cm.^{3} de ácido nítrico p. e. 1,20; efectuada la disolución a un calor moderado, se filtra sobre asbesto, lavando primero con agua caliente; después, con disolución caliente de KOH, p. e., 1,10, que quitará la sílice; después, con ácido clorhídrico diluído para arrastrar la potasa, y, finalmente, con agua caliente; se seca el residuo a 100° C., y se determina por combustión el grafito a la manera que se efectúa para el carbono total. Sobre una

muestra de hierro analizada en el "Bureau of Standards", conteniendo 2,02 por 100, obtuvimos 2,03 por 100, siguiendo las indicaciones anteriores como promedio de varias determinaciones.

DETERMINACIÓN DEL CARBONO COMBINADO EN LOS ACEROS.—Una vez más, es menester advertir que la Química analítica, hasta hoy, da tan sólo al investigador la proporción total de carbono combinado; pero nada le dice de las dos variedades distintas en que aquél se presenta en los aceros; claro está que, conociendo el carbono total y el grafítico, podemos conocer el combinado; pero este método indirecto que nunca es capaz de satisfacer a quien todos se lo pide a la Ciencia, fué substituído, o quiso serlo, por un método directo de determinación, que recibe la denominación de "Método Colorimétrico", y es perfectamente conocido de cuantos a estudios químicos dedican su atención; lo que quizás no lo sea tanto, si su afición no les llevó a leer los trabajos de Parker y Hogg en *Chem News*, es que, recientemente, se ha impuesto una limitación al uso del método, precisamente por el descubrimiento de las dos variedades de carbono combinado; y la razón es bien clara: fundado el método colorimétrico en que, al disolverse el acero en ácido nítrico p. e. 1,20, el carbono pasa a solución, da a la misma un tinte de color directamente proporcional a la cantidad de carbono combinado, se puede conocer ésta comparativamente a una solución de acero-tipo cuya dosis de carbono la dé el método de combustión; pero desde el momento que sea un hecho real, que, bajo la acción de ciertos tratamientos mecánicos, el carbono combinado cambia en parte su condición, y continuando soluble en ácido nítrico, dé a aquélla un tinte más obscuro que en su estado inicial, es evidente que sería menester, para aplicar con rigor el método, que el acero-tipo tuviera su carbono de la misma clase y en las mismas condiciones físicas que la muestra a ensayar; y cuando no se esté cierto respecto a la condición del carbono, es un error considerarle como tipo colorimétrico, por más que muchos laboratorios metalúrgicos en España no tomen este factor en consideración. Es preciso, pues, insistir, y que en el Congreso de Ingeniería se establezca, como norma para la Industria, que un acero al crisol tiene que tener su tipo en otro acero al crisol, también un Martín en otro Martín, etcétera, y que las muestras deben ser tomadas de las barras originales sin ser calentadas, laminadas, etcétera. Los detalles del "Método Colorimétrico" son de una naturaleza tal, y sus resultados guardan tan estrecha relación con el operador, que no creemos oportuno molestar a los asistentes al Congreso relatándolos por la índole de este trabajo, que pretende aunar la teoría a la práctica, forma de proceder que, a nuestro juicio, debe ser común a los Ingenieros químicos metalúrgicos, hemos creído indispensable señalar una limitación

que el "Método Colorimétrico" ofrece en su uso, y que nosotros no la hemos visto aplicar en muchas de las fábricas metalúrgicas que conocemos.

* * *

Y aquí da fin nuestro trabajo en la parte concerniente al "*Proyecto de unificación de los métodos de análisis en hierros y aceros*". Tal es la importancia que ofrece este Congreso, primero que los Ingenieros españoles celebran, tal es las autoridades que a él asisten y tal nuestra pequeñez intelectual, que tememos, llegado este momento, que cualquiera pueda juzgarnos atrevidos creyendo pretendemos descubrir algo que a los que se dirige no conozcan; permítasenos, en recompensa a nuestra buena voluntad, y por si el caso llega, una explicación del porqué tratamos este tema. Con buena o mala fortuna, que la lectura de estas líneas dará la contestación, existe en el ministerio de la Guerra un Centro, desgraciadamente insuficientemente conocido por la Industria particular, que dedica su atención al estudio de problemas de investigación, no sólo con el ramo de Guerra, sino con la Industria en general relacionados, y llegado el momento en que las actividades industriales de la Nación, con ansias de perfeccionamiento, se reúnen, se cree oportuno decirles lo que hay y dónde pueden acudir, que siempre el Ejército ha respondido satisfecho cuando su auxilio se ha solicitado para engrandecer el País; este es el primer punto; y el segundo, nuestro deseo de que las grandes concepciones industriales no desvíen la atención de temas que son sólo insignificantes a la vista, pero que, en realidad, constituyen los jalones por donde la industria metalúrgica ha de caminar para llegar al grado de perfección y prosperidad que los Ingenieros españoles ansían para ella. Nada hay intangible en lo que escrito queda, y es resultado de muchos meses de preparación en el laboratorio; los problemas científicos ya hemos dicho no permiten intervenciones de "amor propio", y libres de él, repetimos, nos juzgaremos satisfechos si del Congreso sale la unificación que la Industria y el Comercio reclaman con urgencia, aun cuando el texto haya sufrido completa variación.

Y ahora, muy pocas líneas sobre el "Laboratorio Nacional". Todos los esfuerzos de la Intelectualidad española, y todo el dinero del Capital español, dedicados ambos al problema del progreso de la Industria, no han de bastar a darle realidad si dicha Institución no es creada en España. Es deber, por tanto, del Congreso hacerlo conocer a los Poderes públicos como una aspiración de los Ingenieros; pero ello no basta: hay que hacer patente a su necesidad a los industriales; y es, éste, tema que, por lo que a España se refiere, encontramos de

alguna mayor dificultad; a salvarla, en parte, ha de contribuir poner de manifiesto ante los que asistan al Congreso la importancia de los problemas que ese Laboratorio ha de estar interesado en resolver. La calidad y el precio son los factores determinantes de la competencia industrial, y el uso de los métodos exactos y resultados científicos que determinan esos laboratorios, es el punto más importante para mejorar el rendimiento y la calidad. Cuando las industrias de productos químicos se desarrollen en España, al "Laboratorio Nacional" tocará estudiar los métodos de análisis en uso general, para llevar a los fabricantes el medio de mejorar y perfeccionar su calidad.

En la industria del cemento, muchos son los problemas que toca al "Laboratorio Nacional" resolver, tales como la determinación de la fineza del grano, las pruebas de absorción y permeabilidad, la acción de las sales del agua del mar, su hidratación, etc., etc. En el material ferroviario, cuanto concierne a la acción de la violenta calefacción en las ruedas, las grietas transversales en los raíles, etcétera. En el material de Aviación, lo relativo al estudio de las aleaciones ligeras de aluminio, su corrosión en algún caso, investigar la composición de la aleación que da mejores resultados, la acción de la temperatura sobre la transformación y microestructura de las aleaciones de acero que forman la parte componente de las válvulas de los motores de Aviación, etc., etc.

Cuanto concierne a la industria de los lubrificantes, es problema cuya solución urge en nuestro país, con el fin de descubrir las propiedades física y química del más apropiado en cada caso, y, desde luego, que este punto es también de importancia extraordinaria en lo que con los motores de Aviación se relaciona. El calibrado de máquina de prueba para los laboratorios particulares, el establecimiento de métodos-tipos para análisis y lo que guarda relación con la determinación precisa de los valores de constantes físicas, tales como cantidad de calor para cambiar un kilogramo de agua a vapor en condiciones normales, relación entre calor y energía mecánica, de importancia tan extraordinaria en todos los ramos de los trabajos científicos e industriales, el establecimiento de medidas-tipo para la calidad de un producto determinando las propiedades físicas o químicas o la combinación de elementos que definen la buena y mala calidad, determinación del valor de trabajo de una máquina de la que depende su precio y que debe ser fijada por comprador y vendedor con arreglo a medidas-tipos establecidas y métodos indicados, las medidas-tipos de longitud y peso que en una forma u otra comprenden en la práctica toda investigación, proceso industrial o litigio comercial, etc., etc., son todos problemas que resuelven los laboratorios nacionales: en Inglaterra, "The

Standards Department of the Board of Trade" y el "National Physical Laboratory"; en Alemania, el "Normal-Eichungs Kommision", "Physikalisch-Technische Reichsanstalt" y el "Material pnifungsant"; en Francia, "El Laboratorio de Ensayos", en terreno muy modesto, pero ya en vías de crear su "Laboratorio Nacional", siendo de esperar que de este Congreso salga reconocido y tenga pronta y firme realidad por parte de la Industria el "Laboratorio Nacional", de que la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias se ocupa y por el que sentimos profunda admiración."

Sobre la ponencia que antecede, y que es muy celebrada, el señor DEL CAMPO (D. Angel) hace ligeras observaciones.

Se levanta la sesión a las doce horas y cuarenta y cinco minutos de la mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 20 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las once de la mañana.

El Sr. NOREÑA lee su Memoria, cuyo contenido es como sigue:

"APUNTES SOBRE LADRILLO ARMADO

Por D. Juan Noreña, *Ingeniero militar.*

Hace tiempo que en libros y revistas se viene hablando de una manera somera y accidental de un nuevo sistema constructivo, basado en el principio de armar con varillas de hierro o acero las fábricas de ladrillo, y que ha permitido realizar todas las piezas que intervienen en la construcción.

Estas varillas son, a veces, delgados alambres que se colocan en los tendeles, o bien se les substituye por hierros perfilados que se ponen al exterior, o se las incorpora a la construcción envueltas en gran cantidad de hormigón, formando unas piezas de hormigón armado que resisten los esfuerzos principales. En uno o en otro caso, se ha dicho que la construcción era de ladrillo armado o eregida con ladrillos armados.

Con el empleo de mortero de cemento, que suelda íntimamente el hierro con el ladrillo, se ha logrado la realización práctica del sistema, cuyas ventajas son, en muchos casos, las mismas que las de hormigón armado, sin los inconvenientes que origina el empleo de encofrados. Podrán substituir a este material en algunas construcciones modestas o de pequeña importancia, ya que, por hoy, no es posible prever mayores vuelos para el sistema constructivo que vamos a comentar.

Se comprende desde luego la importancia del papel que puede llenar el hierro en las fábricas, si es posible que absorba los esfuerzos de tensión que se originen en muros, bóvedas, etcétera, ya que esta aptitud permite proyectar sin sujetar el polígono de presiones a los núcleos centrales; libertad que se traduce en una reducción inmediata de espesores.

Tan importante propiedad llamó desde hace tiempo la atención de los constructores, que consiguieron utilizarla en algunas obras; pero, por desgracia, ni siguió la teoría a la práctica, ni trató de aquilatarse en el laboratorio la aptitud del sistema. Sin estos requisitos no puede condenarse, ya que la experiencia confirmó que puede realizar económicamente muros, pilares, depósitos, forjados de suelos y hasta vigas rectas.

El Arquitecto Sr. Ferrero, al comentar la azotea Torrás, de ladrillo armado, que más adelante citamos, hace un llamamiento para que se estudie el sistema constructivo. Ni antes ni después, he encontrado ninguna exposición sobre el ladrillo armado.

Al presentar esta comunicación después de haber publicado recientemente el fruto de mis trabajos sobre el asunto, que no pueden tener base firme por no disponer de los medios necesarios para estudiarlos en el laboratorio y en la práctica de manera eficiente, no es mi intención hoy exponer ante el Congreso aquel estudio, sino solamente la de aprovechar esta ocasión que me brinda la reunión más importante de Ingenieros españoles para repetir el llamamiento del Sr. Ferrero, al que uno el mío, llevando el bagaje incompleto de mis apuntes sobre esta materia y de una experimentación escasa; pero antes, y con el fin de escudarme con otros nombres prestigiosos y de fijar la atención del concurso, que pudiera tachar de quiméricas mis ideas, voy a ocuparme en pasar una rápida revista a las construcciones que preconizan el sistema.

ANTECEDENTES

En la construcción de una esclusa en Tolón, en 1876, encontramos por primera vez la idea más grandiosa de asociación de las mamposterías y del hierro, contribuyendo los dos materiales a la resistencia.

Se trataba de construir dos cuencas de esclusa, empleando el procedimiento de cimentarlo sirviéndose de grandes cajones en fondo, sobre los que se erigía la obra. Los cajones de madera no dieron resultado por sufrir deformaciones. Entonces, Hersent propuso hacerlos de palastro de 144 × 41 × 19 metros, que tomaban apoyo en el fondo preliminarmente dragado, efectuando la inmersión el peso de la obra de mampostería.

La misión de este gran cajón-estanco era:

1.° Permitir la construcción al abrigo del agua de las mamposterías.

2.° Hundirse con las mamposterías hasta el firme.

3.° Resistir durante todo el período de hundimiento con el concurso de las mamposterías a los efectos crecientes de las fuerzas.

El cajón estaba armado en la parte inferior con:

1.° Una gran viga tubular por el contorno.

2.° Diez y siete vigas transversales.

3.° Dos vigas longitudinales intermedias.

En su parte alta, estaba forrado con palastro; pero el conjunto de estos elementos metálicos era insuficiente para resistir los enormes momentos de flexión que variaban de 10.000 a 20.000 Tm. $\times$ m. Hersent propuso la idea atrevida en la época de asociar el trabajo de los dos materiales en una construcción de dimensiones tan grandes.

El informe de los Ingenieros del puerto de Tolón fué favorable; y en su consecuencia, se aplicaron las fórmulas de flexión clásicas a esta pieza heterogénea, después de fijar en 20 la relación de los coeficientes de elasticidad de hierro y mamposterías.

En la práctica, dió este sistema excelentes resultados, extendiéndose el procedimiento a otras construcciones de mayores dimensiones.

Cottancin emplea desde hace mucho tiempo sistemas muy originales en el hormigón armado: dedujo del estudio del hormigón entre las armaduras que éste resistía del mismo modo que los prismas sometidos a compresión en las máquinas de ensayo, rompiéndose por aplastamiento con la formación de pirámides características.

De la consideración de estos prismas elementales, dedujo Cottancin que podían formarse en muchas ocasiones con ladrillos ordinarios o huecos. En el primer caso, ponía las ligeras armaduras en las juntas, y en el segundo, en el interior, aprovechando los conductos que forman los huecos puestos en prolongación y vertiendo mortero muy líquido para que forme cuerpo la fábrica con la armadura.

Los muros de fachada los organiza con tabiques dobles formados por dos panderetes de 5 m. de espesor puestos a la distancia de medio metro y unidos de trecho en trecho con otros transversales. El perfil en planta es una serie de doble T unidas por las tablas que presentan gran momento de inercia.

Con estos tabiques se ha conseguido levantar casas de seis pisos que reúnen excelentes condiciones higiénicas.

La iglesia de Saint-Jean, de Montmartre, construída por Boudot con arreglo a este sistema, y que alcanza 35 metros de altura, tiene muros de 11 centímetros.

Las construcciones que muestra de manera más concluyente el monolitismo que puede conseguirse con las mamposterías de ladrillo armadas son las cimentaciones de las que existen varias que cumplen perfectamente su destino.

Las experiencias más interesantes se realizaron en Túnez, en un terreno muy fangoso, que no podía resistir más de 0,15 Kg. por cm.^{2}, y en otro arenoso de 0,45 Kg. por cm.^{2} En este terreno, no se creyó oportuno recurrir al empleo del hormigón armado, y se probó un sistema de cimentación, que consistía en una serie de tabiques de ladrillo armado que dividían el terreno en un recticulado de mallas estrechas. Al cargar esta construcción, se fué hundiendo progresivamente, hasta que el rozamiento lateral, que va en aumento, llegó a equilibrar las cargas verticales. Los resultados de estas experiencias fueron concluyentes, existiendo construcciones permanentes cimentadas desde principios de este siglo con buenos resultados.

Piketty también ha empleado con éxito en sus construcciones de siderocemento el ladrillo armado, que substituye a aquel material en partes determinadas.

Así, por ejemplo, en la construcción de un depósito de 31 m.^{3} de capacidad sobre ocho pilas de mampostería, hizo el fondo de hormigón armado, construyendo las paredes con mampostería de ladrillos, interrumpida a intervalos por *una hilada* de cemento armado destinada a absorber los empujes. Estos recuadros tienen unos contravientos interiores en los dos sentidos. Además, en cada tendel, que tienen dos centímetros de espesor, encierra unas barras de hierro redondo.

De este constructor también debemos citar un puente de varios tramos independientes de 10 metros de luz, construído con tres largueros de hormigón armado, que se apoyan sobre pilas independientes de ladrillo, interrumpidas de trecho en trecho por unas losas cuadradas de hormigón armadas con cuatro varillas.

Leon Cosyn presenta una construcción de silos cuya estructura es la misma que la de los depósitos que acabamos de reseñar. La fábrica de ladrillo está interrumpida por recuadros de hormigón armado que absorben la presión del grano, y entre los cuales la fábrica trabaja a flexión, sin admitir coeficientes de trabajo por extensión superiores a 2 Kg. por cm.^{2}

Los forjados de ladrillo armado sistema Perret parece haberse extendido mucho en los pocos años que tienen de vida en Italia y Francia. Consisten sencillamente en unos tabiques tomados con mortero de cemento, y que llevan en las juntas hierros redondos, cuya colocación se facilita con el empleo de ladrillo acanalado en sus lados mayores. Las ventajas que les atribuye la sociedad explotadora de la patente son:

1.° Solidez.—2.° Economía.—3.° Resistencia al fuego.—4.° Poca sonoridad.

Del examen de los certificados que presentan, se desprende que han resistido cargas de 1.400 Kg. por m.^{2} sin señales de fatiga. En cuanto

a la prueba al fuego, queda bien sentado que protege eficazmente los entramados de madera y no sufre quebrantos, una vez elevado a 1.000 grados, por la acción del agua.

Ya se comprende, acudiendo al empleo de ladrillos especiales, es posible disponer forjados de mayores momentos resistentes.

El sistema Perret ha sido empleado con éxito en los cuarteles franceses.

El forjado de suelos se ha realizado también en España con ladrillo, sin necesidad de recurrir a tipos especiales, como ocurre con el sistema Perret; y es debida esta aplicación al Ingeniero militar Sr. Tejón, que la amplió con buen resultado en varias obras de Córdoba. Consiste en tender horizontalmente, sobre un entramado de viguetas, metal "deployé" bien atirantado y anclado para que pueda servir de cimbra; y sobre el mismo se construye un tabique plano, tomado con mortero rápido, y encima otro a cubrejuntas.

El empleo de varillas de hierro que absorbían los esfuerzos de tensión en las piezas-bóvedas ha sido propuesto y calculado por René Riffieux. No tenemos conocimiento de ninguna aplicación de este género. En cambio, sabemos que, en las grandes presas americanas, para oponerse a las grietas de temperatura, se introducen en el macizo de la fábrica barras horizontales, y con mayor profusión en los arraques, que es donde se presenta con más facilidad el agrietamiento.

¡Quizá el porvenir reserve también una brillante aplicación a la armadura metálica para oponerse a las temidas subpresiones! Esto conduciría necesariamente a una gran reducción de las formas macizas triangulares hoy en uso.

Una aplicación característica, y muy conocida del ladrillo armado. es la construcción de depósitos de panderete muchado. Por experiencia podemos asegurar que, tratándose de pequeños cubos de agua, se imponen, por su ligereza, rapidez de construcción y economía, a los de hormigón armado.

Más original y sorprendente que todas las construcciones anteriores es el ejemplo que nos ofrece una azotea realizada hace muchos años en Barcelona, proyectada por el Arquitecto Sr. Torrás.

Comentando el Arquitecto Sr. Ferrero esta obra, dice:

"El modo de proceder era tan sencillo, práctico y económico, que es muy raro que no fuera tenido en aquel tiempo como medio excelente de construcción, cuando hoy, pasadas unas decenas de años, como tal puede reputarse. Consistía el taller en un local de crujías o naves paralelas de unos cuatro metros de luz, formadas por los muros, siendo de suponer que, según la costumbre del país, fuesen de ladrillo de un pie de grueso y traviesas intermedias formadas con arcos, sobre

apoyos o pilares hechos de ladrillo, que estarían esparcidos a 3 metros.

Para cubrir las crujías con azotea, se pusieron paralelas entre sí perpendiculares a los muros y traviesas, y a ellas bien sujetas unas pletinas que tienen la forma parabólica que da los momentos de flexión sin cimbra ni disposición alguna; se hizo un tabique sencillo de ladrillo y cemento como material de unión. Encima pusieron entre tales tabiques tableros de varilla haciendo la azotea, que acabó de completar el sistema, dando a cada viga la forma T. La parte horizontal, la correspondiente a la azotea entre los ejes de los entrevigados, trabaja a compresión como parte superior de una viga puesta en flexión; la parte vertical con ladrillo en panderete, como elemento sustentante de la azotea, y en la parte inferior, el hierro que trabajo a extensión.

Esta viga, de armadura sencilla y forma parabólica, concebida por Torrás, se ajusta en su organización a una pieza en flexión de *igual resistencia,* cuyo cálculo racional es fácil de hacer aplicando las fórmulas clásicas; pero puede admitir el cálculo sencillo y suficientemente satisfactorio que exponemos a continuación.

Asimilando la forma del hierro a una catenaria a este elemento se confía la resistencia principal anclándole sólidamente en los muros. La fábrica de ladrillo servirá para recibir y transmitir la carga al metal, que sufrirá entonces una tensión en su parte más baja de $H = \frac{pl^2}{8f}$ y la máxima que se ejerce en el anclaje vale $T = H + pf$, que permite calcular la sección del metal, apta para resistir en buenas condiciones esta extensión. La componente vertical $= \frac{1}{2} pl$ la soporta el apoyo, y la horizontal $H = \frac{pl^2}{8f}$ causa una compresión en la fábrica que constituye la tabla de la viga.

causa una compresión en la fábrica que constituye la tabla de la viga.

Con las dimensiones que cita el Sr. Ferrero, la tensión que sufrirá la armadura es de 4.050 Kg., si consideramos una carga por metro cuadrado de piso de 300 Kg. y una flecha de 0,5 m. Este esfuerzo lo resiste dos escuadras de 24 × 24 × 4 mm., con un coeficiente de 10,5 Kg. × mm.² El trabajo unitario en el tablero de rasilla de 8 cm. de espesor es de 1,5 Kg.-cm. si se cuenta que interviene en la resistencia una faja comprendida entre los interejes de las vigas.

La economía que ofrece esta construcción con relación a las ordinarias es muy grande; pues asimilando el precio del coste del tablero de rasilla a las bovedillas y relleno de un suelo, los términos de la com-

paración quedan reducidos a las vigas. La de hierro necesaria, trabajando a 10 Kg. $\times$ mm.² y distanciada a un metro, sería:

$$\frac{140 \times 65}{7 \times 9{,}75}, \text{ que pesa } 13{,}40 \text{ Kg.} \times \text{m.}^2$$

La comparación por m.² se hace en el siguiente cuadro:

	Cantidades.	PRECIO EN AÑOS		PARTIDAS		TOTALES	
		191 — Pesetas.	919 — Pesetas.	1 — Pesetas.	9 — Pesetas.	191 — Pesetas.	1919 — Pesetas.
Ladrillo armado: Fábrica de ladrillo con mortero de cemento.	0,44 m.²	4,00	6,00	1,76	2,64	»	»
Hierro en pletinas....	10,895 Kg.	0,45	1,45	0,40	1,30	2,16	2,16
Idem en viguetas.....	13,40 Kg.	0,35	1,35	4,70	18,10	4,70	18,10

Puede notarse que la relación de precios, que, en 1914, era de 0,46, se reduce hoy, merced a la carestía de los hierros, a 0,22, y, por consiguiente, que si el sistema resultaba interesante antes desde el punto de vista económico, mucho más lo es hoy día.

FUNDAMENTO DE LA TEORIA

La falta de experiencias con elementos de ladrillo armado obliga a emplear las fórmulas clásicas aplicadas a los sólidos heterogéneos. El estudio en los laboratorios puede proporcionar las correcciones teóricas o empíricas.

La heterogeneidad es aquí más completa que en hormigón armado; pues tenemos que contar con la de morteros, hierros y ladrillos.

No obstante, si se tiene en cuenta que los morteros que deben emplearse son los de cemento y en pequeños tendeles, que no estarán sujetos más que a compresión y desgarramiento, se comprende desde luego que las fábricas deben perecer por los ladrillos, aunque sean de muy buena calidad. Los elementos principales de las piezas serán, por consiguiente, hierro y ladrillo. El mortero no llena más papel que el de envolver las armaduras, efectuando la soldadura de éstas con la fábrica.

Pasando una rápida revista a los coeficientes característicos del hierro y de las fábricas de ladrillo, podemos percatarnos de que estos dos materiales reúnen aptitud suficiente para trabajar en conjunto.

Coeficientes de elasticidad.

El número que tenemos que fijar en primer término es la relación de los coeficientes de elasticidad de hierros y fábricas, ya que, esencialmente, de ese número depende la repartición de cargas en ambos materiales.

No es fácil precisar este valor. Si con el hormigón armado se obtienen números que varían de 7 a 40, no es de extrañar que aquí tengamos una indeterminación muy amplia. Ateniéndonos a los experimentos de M. Perrodil, que da valores medios y se relacionan a fábricas de ladrillo y cemento, podemos fijar el coeficiente de elasticidad de la fábrica en $3{,}10^8$ Kg.-m.^{2}, que con hierros de coeficiente de elasticidad de $21{,}10^9$ Kg.-m.^{2}, nos da una relación de 70, que nos dice que el trabajo unitario en los hierros será setenta veces mayor que el de las fábricas. Podemos formar, por lo tanto, el siguiente cuadro, que da los valores de los coeficientes de trabajo que tomaran al mismo tiempo ambos materiales:

Coeficientes de trabajo en Kg. por cm.² en el

Hierro.	700	770	840	910	980	1.050	1.120	1.190	1.260
Ladrillo........	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Del examen de este cuadro se deduce la consecuencia de que las fábricas y los hierros son muy apropiados para trabajar unidos, ya que alcanzan al mismo tiempo sus coeficientes usuales de trabajo. No ocurre lo mismo con el hormigón si no se recurre al empleo de los sunchos.

Coeficientes de dilatación.

Las variaciones de temperatura, obrando de manera enérgica en las obras de ladrillo armado, puede ocasionar modificaciones en el trabajo de los dos materiales: hierro y ladrillo. Ahora bien: los cementos y ladrillos no desunen si no es con las elevadísimas temperaturas de los

hornos. Basta que consideremos aquí las variaciones entre el hierro y la fábrica. Los coeficientes de dilatación y sus diferencias son:

		Coeficientes.	Diferencias.	
Hierro		0,0000122	0,0000076	0,0000033
Mampostería de ladrillo	De canto	0,0000046		
	De plano	0,0000089		

Estas diferencias son mayores que la relativa al hormigón armado, que sólo alcanza el valor de 0,0000021. No obstante la desunión, creo no es de temer en el ladrillo armado, por la pequeña longitud de las piezas que se pueden construir y porque las sobrecargas producidas por una oscilación de 15° son reducidas. En efecto: aun poniéndonos en el caso extremo de que la diferencia de dilatación la salven únicamente los hierros o únicamente las fábricas, esos trabajos serán:

	Hierro.	Fábricas.	
Ladrillo armado de canto	228	3,42	Kg. por cm.^{2}
Idem íd. de plano	99	1,48	

Menores serán aún estos coeficientes si tenemos en cuenta que la deformación resultante de los dos elementos tienen un valor intermedio del que alcanzaría si fueran libres en el que se igualen los trabajos totales de las secciones de hierro y ladrillo. Fácil es demostrar, para tener en cuenta esta reducción: basta multiplicar los del cuadro anterior por los factores $\frac{1}{1 + 70t}$ $\frac{70t}{1 + 70t}$ en el hierro y ladrillo, respectivamente, siendo t el tanto por ciento de metal en la sección resistente, y 70 la relación de los coeficientes de elasticidad.

Si aceptamos una cuantía de $t = 0{,}03$, resultarán los coeficientes que expresamos a continuación:

	Hierro.	Fábricas.	
Ladrillo armado de canto	73	2,3	Kg. por cm.^{2}
Idem íd. de plano	32	1,0	

más convenientes que los anteriores.

La práctica ha demostrado en distintas ocasiones que la desunión de hierros y ladrillos no se verifica.

La viga que he construido de tres metros, que en otra comunicación cito, ha estado seis meses expuesta a los rayos solares, sufriendo variaciones de temperatura de 35°, sin que haya experimentado deformación ni alteración.

No he observado tampoco ninguna dislocación en los depósitos.

Recordemos también aquí que los forjados Perret han sufrido la acción del fuego en excelentes condiciones, protegiendo eficazmente los entramados de madera.

Coeficientes de trabajo.

Nada concreto puede adelantarse a este punto ni entrar en el terreno de las suposiciones, ya que se desconoce la manera íntima de trabajar de los dos materiales, ni la ley que sigue sus deformaciones.

Siendo la unión más incompleta en estas piezas que en las de hormigón armado, no se puede pretender que las modificaciones de las condiciones del trabajo sea tan radical y tan favorable como se presentan en estas últimas.

Lo que parece desde luego indudable es que pueden forzarse los coeficientes de trabajo de las fábricas cuando estén sometidas a flexión, como se deduce de las experiencias de ruptura de prismas no armados, que pasamos a reseñar.

Sabido es que, cuando se aplica la teoría de la flexión plana al caso en que se rebasa el límite de elasticidad de la materia, se obtienen resultados disconformes con los que la práctica nos enseña. Así se observa en la fórmula clásica de la flexión:

$$\frac{RI}{v} = f(P, l) = M$$

queremos determinar la carga de rotura de la viga P_r a la que corresponde el momento M_r, y nos valemos para determinarla de la ecuación anterior; poniendo, en lugar de R a R_r, o carga de fractura, tendremos:

$$\frac{R_r I}{v} = f(P, l) = M_r$$

La experiencia demuestra que los valores obtenidos por esta fórmula son menores que las cargas efectivas de rotura.

Las experiencias de Bauchinger y Consideré han permitido extender esta fórmula al caso de que tratamos mediante la introducción de un coeficiente α, comprendido entre 1 y 2,25, y variable para cada materia y con la forma de la sección transversal.

$$\alpha \frac{R_r I}{v} = M_r$$

Dejando a un lado las conocidas razones de esta anomalía, presentamos los valores de α determinados por M. Durand-Claye.

Yeso, 2,95.	Ladrillos, 3,70 a 4,18 (medio, 3,94).
Caliza tierna, 2,85.	Creta, 3,45.
Cemento de diversas calidades, 1,71 a 3,85 (medio, 2,78).	Pizarra, 2,73.

Se observa en este cuadro que el mayor valor corresponde a los ladrillos, y que el del cemento alcanza límites muy crecidos que demuestra que estos materiales tienen una aptitud para resistir a la flexión, más grande que los que pudiera deducirse de un estudio somero de las fórmulas de flexión.

Al formar los coeficientes de trabajo para la flexión, no debemos tomar una fracción del coeficiente de fractura cuyo denominador es el coeficiente de seguridad, sino tomarla de (αR_r), lo que equivale a multiplicar por α los coeficientes ordinarios de trabajo. Si partimos de los valores medios de α con ladrillos capaces de soportar 1 y 10 Kg. $\times$ cm.^{2} como carga de trabajo por extensión y compresión, se podrá admitir en la flexión, según esto, coeficientes de 4 y 40 Kg. $\times$ cm.^{2}, y en morteros de cemento normales de 2 y 25 Kg. $\times$ cm.^{2} se elevarán a seis kilogramos, y 70 Kg. $\times$ cm.^{2}

Los primeros valores de 4 y 40 Kg. $\times$ cm.^{2} definirán los coeficientes de trabajo de las fábricas de ladrillo y mortero de cemento por extensión y compresión; pues aquí, como en los casos de compresión sencilla de ladrillo, es el elemento más débil.

Del trabajo que pueden proporcionar las fábricas por extensión, debe prescindirse en absoluto; y en cuanto al de compresión, es prudente detenerse en límites mucho más modestos, ya que no existen experiencias que otra cosa aconsejen, si bien las anteriores consideraciones hacen prever cierto aumento quizá hasta el doble de los coeficientes usados ordinariamente en los problemas de flexión.

Para coeficiente de trabajo de adherencia de morteros y ladrillos puede contarse con 2 Kg. $\times$ cm.^{2}

Aplicaciones posibles del sistema.

Hemos visto que con el ladrillo armado se han realizado todos los elementos constructivos. No obstante las experiencias y cotejos que hemos efectuado, nos hace creer que las aplicaciones en pilares serán muy reducidas, y que el sistema en muros, forjados, pisos y depósitos cilíndricos se presta a gran generalización.

Los antecedentes que hemos citado sobre muros y forjados no dejan lugar a dudas.

Saliéndose del cuadro de esta *comunicación* el estudio más detallado de pisos y forjados, dejamos para otra el estudio incompleto que hemos realizado sobre este particular.

En cuanto a los depósitos de panderete sunchado, debemos citar aquí un recurso constructivo que puede emplearse en ellos no susceptible de generalizarse con el hormigón.

La práctica nos ha aconsejado en estos depósitos emplear alambre de pequeño diámetro para facilidad de colocación, que, dicho sea de paso, deberá estar precisamente sin galvanizar. Fácil es enrollarlo en la fábrica cilíndrica de ladrillo en hélice de paso variable sujetándose a la ley de presiones del agua y con una tensión inicial muy cercana a la de trabajo una vez lleno el depósito. Con esta tensión se consigue que trabaje la fábrica de ladrillo sin agrietamiento; pues con una pequeña deformación de la misma producida por el agua y sin salirse de su período elástico, se consigue que el alambre trabaje con la carga impuesta. Este efecto es semejante al que se consigue con los sunchos de los cañones colocados en caliente. Esto obliga a trabajar el ladrillo a compresión cuando el depósito está vacío, que conduce a la determinación mínima de la sección resistente; pues el ladrillo no interviene en otra forma con la resistencia, ya que su papel se reduce a repartir las presiones sobre el alambre, y este fin lo cumple bien el ladrillo ordinario, aunque no esté nada más que apoyado en dos de sus lados, con tal de que la profundidad no exceda de un metro, si está colocado de pie, y de cuatro si está acostado.

Las fórmulas simplificadas de que nos hemos servido, deducidas de las teorías, son, con alambre de acero trabajando a 15 Kg. × mm²:

$$n_1 = \frac{D}{23.619a^2} \qquad n^2 = Zn_1 \qquad L = \frac{a(a+1)}{15}\left(\frac{D}{100d}\right)^2 \qquad e = \frac{aD}{30.000}$$

siendo:

n_1 = número de vueltas del alambre en el dm. superior del depósito.
D = diámetro del depósito.

d = diámetro del alambre.

n_2 = el número de vueltas que corresponde a un anillo situado a la profundidad 2.

L = la longitud del alambre necesaria.

a = altura del depósito.

e = espesor de la fábrica estrictamente necesaria.

Todas las dimensiones deben expresarse en dm.

En los depósitos enteramente metálicos se acostumbra a hacer trabajar al hierro a 4 Kg. × mm.², dando a los palastros un exceso de espesor de 2 mm. Con este exceso de metal y su costosa mano de obra, no es de extrañar que salgan hoy cinco veces más caros que los de panderete sunchado.

Los de hormigón armado resultan también bastante más caros, ya que las armaduras no pueden trabajar a más de 7 Kg. × mm.², para evitar las grietas, y a que hace falta un hormigón rico que exige cuidadosos encofrados y costosa ejecución.

Creemos que también la construcción de los silos ha de generalizarse con las fábricas sunchadas por su rapidez de construcción y economía. Hemos comparado los presupuestos de dos silos cilíndricos de trigo de 14 metros de altura y 4 de diámetro, uno de hormigón armado y otro de ladrillo, resultando en aquél, con los precios normales, a 25,80 pesetas el m.³ de grano almacenado, y en éste, a 10,40."

En relación con el trabajo anterior, es aprobada la siguiente conclusión:

"El ladrillo armado puede tener fecundas aplicaciones en construcción, pudiendo lograrse con su empleo grandes economías, por lo que el Congreso recomienda su estudio a los Laboratorios de ensayos de materiales."

El Sr. MALUENDA diserta sobre una máquina registradora del fraguado de los cementos, siendo aplaudido por la concurrencia.

Dice así el trabajo del Sr. Maluenda:

"MAQUINA AMSLER-LAFFON, MODIFICADA EN EL LABORATORIO DEL MATERIAL DE INGENIEROS

Por el Capitán D. PEDRO MALUENDA.

Esta máquina está destinada a registrar el fraguado de los cementos cuando, como de ordinario ocurre, el fraguado tarda en comenzar de tres a seis horas y dura luego de una a tres horas. La naturaleza de

la operación aconseja entonces encargar a una máquina la realización de los punzonamientos de la masa a intervalos iguales.

Con este fin, la Casa Amsler construyó un tipo de máquina que registraba el principio del fraguado, máquina que compró el Laboratorio de Ingenieros en 1898, y que ha sido poco usada, por tener los inconvenientes que siguen:

1.° La máquina registra solamente el principio del fraguado (momento en que la aguja se detiene a 5 mm. del fondo en un molde de 40 mm. de profundidad).

2.° Exige el empleo de una torta de pasta de 1,500 Kg., aproximadamente, difícil de amasar y poco aprovechada después.

3.° El cierre hermético para el agua que debe cubrir la torta no puede establecerse ni funcionar en buenas condiciones; aquélla se derrama lentamente, quedando la probeta en seco, y la máquina en mal estado al final de la operación.

4.° La aguja de Vicat, que efectúa las punciones, no tiene disposición automática para su limpieza, y queda prontamente cubierta de pasta, que se seca de una punción a otra, haciendo crecer el coeficiente de rozamiento (1).

Estos inconvenientes han sido remediados con las reformas siguientes:

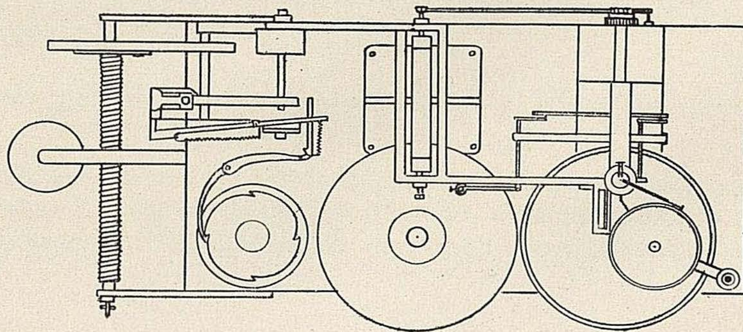
1.ª Se ha montado un tambor-registrador de tiempos y penetraciones de la aguja en la pasta, obteniéndose así la curva de fraguado. Con este fin, se ha utilizado de la disposición Amsler la sonda de consistencia y su soporte para montar el tambor, que recibe un movimiento intermitente sincrónico con el de giro de la torta, necesario para cambiar en ella el lugar herido por la aguja.

2.ª Se ha reducido la torta de pasta a las dimensiones de los moldes corrientes de fraguado, cuyos diámetros extremos son 85 y 75 milímetros por 40 mm. de altura, y que no suelen necesitar más de 350 gramos de cemento.

3.ª En vez de disponer un aro hermético en la parte superior del molde, como establecía la primitiva disposición, se ha hecho un pequeño depósito cilíndrico, en que se sumerge el molde con la pasta. De este modo, la disposición es elemental y desaparecen en absoluto las fugas de agua, por no depender su hermetismo del estado de una arandela de goma.

4.ª La aguja, al moverse verticalmente, pasa por un limpiador formado por un ovalillo de goma o cuero fino, con un agujero fino en su

(1) La Casa Amsler ha construído posteriormente otros modelos, que figuran en sus catálogos, y cuyo funcionamiento desconocemos.



extremidad inferior. En este ovalillo se ponen algunas gotas de aceite, para mantener la aguja siempre untuosa, con lo que la pasta ya no se adhiere a su superficie.

Para alcanzar debidamente estos resultados, se han efectuado otras reformas accesorias.

Así, por ejemplo, efectuándose el punzonado de la torta según una espiral (conseguida por el giro del molde y el desplazamiento radial del soporte de la aguja), al reducir notablemente las dimensiones del molde, ha sido preciso hacer doble su ángulo de giro en cada intervalo, a fin de que las punciones no resultasen demasiado próximas. Para ello, un roquete de la máquina primitiva ha sido substituido por otro de radio mitad, y el soporte de la aguja se ha cortado en la parte avanzada de su base para que la aguja pueda llegar casi al centro del molde, habiendo así superficie bastante para el desarrollo de la espiral.

Otro inconveniente de la máquina consistía en que, al moverse radialmente el soporte de la aguja, la pluma registradora colocada en un brazo sobre la prolongación del vástago de la aguja, se separaba del tambor; pues el vástago giraba por rodadura sobre la cuchilla de retención. Para evitar este inconveniente, se hizo al vástago una ranura vertical para que resulte guiado por un tetón en su movimiento vertical y no pueda girar sobre su eje en ningún momento.

Con la disposición descripta, al emplear en el aparato de relojería discos de escape, para cada 1, 3, 5, 10 ó 15 m., se obtendrá en el tambor una serie de líneas verticales, igualmente espaciadas, y la unión de sus extremos inferiores dará la curva de fraguado.

Además, el principio del fraguado se acusará por una elevación de los niveles superiores de estas líneas verticales, obtenida por una disposición que ya tenía la máquina para levantar el lápiz."

El Sr. BASTOS diserta sobre el tema que motiva la siguiente Memoria, de que es autor:

"LAS INSTALACIONES FRIGORIFICAS EN LOS MATADEROS ESPAÑOLES Y SU INFLUENCIA EN LA MEJORA Y ABARATAMIENTO DE LAS CARNES

Por D. Mariano Bastos, *Ingeniero industrial.*

Consideraciones generales sobre las instalaciones frigoríficas en los mataderos españoles.

El problema de la conservación de substancias alimenticias tiene hoy su solución completa con la utilización del frío, obtenido por procedimientos mecánicos. El frío, producido por otros procedimientos, pue-

de, en algunos casos, y siempre deficientemente, detener la descomposición de aquellas substancias; pero tratándose de las carnes, que tan sensibles son, no sólo al frío, sino a la humedad, su conservación duradera, higiénica y económica necesita emplear el frío mecánico, ya que con él se regula a voluntad en cada momento, tanto la temperatura, como el estado higrométrico del ambiente de los locales en que se conservan dichas carnes, independientemente de las condiciones atmosféricas exteriores.

Como veremos después, la ventaja que ofrece el dotar a los mataderos de esta clase de instalaciones, son tan grandes y concluyentes, que parece imposible que hasta hoy, que se instalarán en el de esta Corte, no se haya tratado antes de esta cuestión, tanto más cuanto que nuestros mataderos, aunque construidos según el tipo antiguo, no ofrecen muchos de ellos peor aspecto y condiciones que sus similares del Extranjero. Es cierto que la resistencia pasiva de las personas y corporaciones que habían de utilizar este servicio es grande; pues unas se aferran de buena fe a sus rancias costumbres, y otras defienden sus ganancias, que ven comprometidas al suprimirse o reducirse el abuso; pero también es cierto que, por lo que respecta a España, no se ha dado a los asuntos de esta rama tan interesante de la Industria la importancia que ella requiere, si hemos de seguir de cerca el movimiento del progreso científico mundial.

En España existen treinta ciudades con matadero público o macelo. Algunos de ellos, como dijimos antes, no mucho peores que sus similares del Extranjero; es decir, que los del Extranjero construidos siguiendo un plan general ya anticuado.

Entre ellos, el de Zaragoza, el de Sevilla, así como el de Valencia, merecen especial mención por las buenas condiciones del edificio. Aunque algunos de ellos están dotados de aparatos perfeccionados para el transporte y trabajo de las carnes, sin embargo, ninguno de ellos está provisto de instalación racional frigorífica, elemento éste de tanta importancia en los mataderos modernos, que para que reciban este calificativo, es preciso que aquella instalación no falte: tal es la influencia que el establecimiento de cámaras frigoríficas ejerce, no sólo en el abastecimiento de carnes en general, sino en el régimen de dichos mataderos.

Una nueva era en la historia de estas instalaciones en nuestro país empieza ahora con el Gran Matadero Moderno de Madrid, cuyo proyecto se debe al ilustre Arquitecto D. Luis Bellido. Todas las instalaciones y perfeccionamientos que la experiencia ha sancionado como inmejorables en los mataderos que se consideran como modelos en el Mundo tienen su aplicación en el de Madrid. Este será, pues, el que

servirá de tipo para los que se construyan de aquí en adelante y para la reforma, en lo posible, de los existentes.

Ventajas de las nstalacion?s frigoríficas.

La utilización del frío industrial ha realizado una verdadera revolución en el comercio e industrias de la carne, siendo la instalación frigorífica la característica de los mataderos modernos; pues no se concibe éstos sin aquélla, y no se concibe por los enormes beneficios que reporta su instalación, y que vamos a enumerar con la concisión que requiere todo este trabajo.

Transformaciones sufridas por la carne muerta.

Empecemos por exponer las transformaciones químicas sufridas por la carne muerta, para luego deducir la acción beneficiosa del frío sobre ella.

Aquellas transformaciones químicas en condiciones normales son de dos clases: espontáneas o autolisis y microbianas o putrefacción. La autolisis es un proceso de desintegración albuminoidea en virtud del cual las moléculas de los proteidos, fijando moléculas de agua, se descomponen en moléculas inferiores, que sucesivamente son: peptonas (difusibles y dializables), hemopeptonas, y siguiendo la destrucción, se llega a la formación de aminoácidos (histidina, tirosina, glicocola, etcétera), que son solubles. La putrefacción microbiana lleva más adelante esta destrucción, dando lugar a productos más simples, pero mucho más perjudiciales por su olor (indol, escatol) y por sus propiedades altamente tóxicas (etilamina, fenoletilamina).

La autolisis, no sólo es inocua, sino necesaria. Gracias a ella, la carne toma reacción ácida (agradable al paladar), se reblandece el tejido conjuntivo (piltrafa) y se hace mucho más digerible, no sólo por esta semidestrucción de la parte fibrosa, sino porque se enriquece en peptonas más fácilmente asimilables.

Cualidades de la carne refrigerada y congelada.

La única manera de conservar la carne sin impedir estos procesos beneficiosos, pero impidiendo los perjudiciales, es la refrigeración. Mediante ella, se anula la acción microbiana y no se impide la autolisis

conjuntiva. Letulle ha comprobado que la estructura microscópica de la fibra muscular no cambia por la refrigeración ni congelación, con tal de que sea lenta y lenta también la descongelación. Tampoco cambia la composición química centesimal de la carne propiamente dicha; solamente pierde agua (por desecación superficial y la absorbida para los procesos hidrolíticos que constituyen la autolisis).

De los modos de infección bacteriana de la carne, uno, la infección superficial por las manos del carnicero, es fácil de evitar por una buena organización de los mataderos y frigoríficos; pero hay otro que es la infección profunda por gérmenes del aire penetrando en los vasos abiertos del animal y distribuyéndose por todo su cuerpo. El germen principal de esta clase es el "proteu homosulfureus", o agente de la putrefacción verde (la más peligrosa). Para evitar la entrada de este agente, se recomienda sangrar bien al animal y trocearlo lo menos posible; pero nada se consigue con esto si no se hace la refrigeración. En efecto: este agente penetra en el animal estando todavía caliente, y, por tanto, su acción empieza desde el primer momento. Si la refrigeración se hace desde entonces, se anula por completo su acción antes de penetrar profundamente; por eso, la refrigeración debe ser pronta y progresiva (de aquí el fracaso de las congelaciones intensas, pero tardías, que se hacían antes, y que dejaban el germen dentro de los tejidos dispuesto a despertar en cuanto se descongelaba). La refrigeración inmediata y progresiva impide que los agentes de la putrefacción lleguen a zonas profundas; y por eso, la carne, al salir de los frigoríficos, no sólo no contiene más que gérmenes de vitalidad atenuada, sino que no los contiene en absoluto en sus capas profundas. Cuando, además, se hace el enfriamiento en atmósfera seca y renovada, queda una capa externa en la carne ligeramente desecada, y esta especie de coraza apergaminada impide la infección profunda.

Confiando, pues, a la refrigeración carnes absolutamente puras (animales sanos) y limpiamente tratadas, se tiene la seguridad de contar con una carne completamente aséptica, más que las sometidas al colgamiento corriente desde luego, y en la cual no se han impedido los procesos de autolisis, que la hacen digestible y agradable. Tanto este medio, como la congelación, guardan, pues, lo que se les confía; si es un producto malo o alterado, no lo convertirán en bueno; pero si es un producto bueno, lo guardarán intacto prácticamente todo el tiempo que se quiera, sin alteración alguna perjudicial y con todas las beneficiosas.

El profesor Gautier, como consecuencia de su estudio, sienta las siguientes conclusiones: La carne congelada, conservada a —5° ó —6°, no sufre ningún cambio sensible; *es tan nutritiva y digerible* como la carne fresca, **y después de su salida del local frío, se conserva,** por lo me-

nos, tan largo tiempo como aquélla. Todavía las experiencias efectuadas por la Administración de Guerra y la Cámara Sindical de Carniceros de París prueban que las carnes congeladas no son más pobres en materias nutritivas que las carnes frescas, sino que más bien sucede *lo contrario*.

¿A qué se debe el que en Francia fuese despreciada *antes* la carne congelada? Pues, sencillamente, por la falta de cámaras frías a propósito para conservarla a su llegada y por una defectuosa descongelación, que las hacía parecerse a la carne conservada por el hielo natural.

Esto, hoy, ha desaparecido, y en Londres, como en París, como en todas partes, hasta en Suiza, donde, para sus tres millones de habitantes, posee dos de vacas, se importan carnes congeladas y en las proporciones que las elocuentes cifras siguientes demuestran:

En 1913, han sido importados en Inglaterra 5.216.000 quintales de carne bovina refrigerada y 1.956.000 quintales de la misma carne, pero congelada; 2.200.000 quintales de carne congelada de lanar, procedente de Nueva Zelandia; 1.666.000 quintales de igual carne, procedente de Australia, y 1.012.000 quintales de la Argentina.

El consumo de carnes frigoríficas en Francia, durante el año 1917, fué de 300.000 toneladas. Y el Gobierno francés ha asegurado la importación, durante mucho tiempo, de 240.000 toneladas mínimum.

En Inglaterra, la importación de carnes frigoríficas, hace treinta años, era de 30.000 toneladas; hoy es de 900.000. Hace treinta años, las carnes congeladas cubrían el 42 por 100 de sus necesidades; hoy, con 900.000 importadas, cubren sólo el 36 por 100; lo que prueba que, al aumentar considerablemente la importación, se ha aumentado también la cantidad de ganado.

Italia ha contratado por seis años, después de la guerra, un suministro de 100.000 toneladas, y para recibirlas, tiene en Génova y Spezia depósitos para 4 a 6.000 toneladas, con otros menores en Nápoles, Liorna y Palermo, y grandes cámaras frías en Milán, Roma y Turín. Todo barco, excediendo de 1.500 toneladas, debe tener cámaras frías, y se obliga a las Compañías el poseer vagones frigoríficos.

No conocemos ninguna nación donde el ganado no sobre que, después de las variaciones que ha sufrido el abastecimiento de carnes, consecuencia de la guerra, no importe carne congelada, como no sea España.

Como estas carnes, pueden conservarse, las refrigeradas, seis, ocho o más semanas, y las congeladas, en la práctica, ilimitadamente, veamos las ventajas que, fijado lo anterior, reporta esta conservación de las carnes.

Beneficios que reporta la conservación de carnes.

Hemos hecho la distinción entre carnes refrigeradas y congeladas, porque corresponde a las dos maneras de conservar las carnes por el frío. La primera, que corresponde a la conservación por refrigeración moderada, es la que se efectúa en las cámaras y antecámaras propiamente dichas de los mataderos, y la segunda, correspondiente a la conservación por refrigeración baja o congelación, que no es necesario se haga en los mataderos, sino en los centros de producción, aunque en aquéllos debe existir siempre una cámara de conservación de las carnes congeladas que se importan, y que si la instalación ha de ser completa, conviene esté preparada y calculada para poderse efectuar en ella la congelación.

Por los dos sistemas, se conservan perfectamente; y este hecho, no sólo beneficia al consumidor de carnes, en las que evita todo peligro de descomposición, perjudicial a su salud, lo que es muy importante, sobre todo en la época de más calor, sino que beneficia por igual a los productores, entendiéndose como tales al ganadero y al vendedor al detalle o carnicero, y beneficia a estos últimos, porque pueden matar sus reses en la época, día y hora que les convenga, sin estar sujetos a las grandes variaciones de cotización del ganado, no siempre producidas naturalmente, o a sacrificar éste en malas condiciones de rendimiento, o que el consumo público varíe, y, por unas u otras causas, les originen serios perjuicios, ya que todo ello se presta al agio y al abuso, con los que el único que gana es el intermediario o intermediarios.

Prueba también de que beneficia a los carniceros es el hecho de que en Alemania, de cuarenta mataderos pertenecientes a sindicatos de carniceros, veinticuatro tienen instalación frigorífica; es decir, el 67,5 por 100. En Sajonia, de catorce pertenecientes a sociedades privadas, doce tienen instalación frigorífica. Como, de 839 mataderos de Alemania, unos 300 tienen instalaciones frigoríficas, es decir, el 36,2 por 100, resulta, pues, que los principales interesados, los carniceros, son los primeros que instalan cámaras en más proporción todavía que los mismos municipios.

El carnicero que conserva su carne en la cámara durante el período de calor, y la tome a medida que la necesite, con la seguridad de que ha mejorado y no ha experimentado ninguna pérdida de carne descompuesta por los grandes calores, no podrá menos de convencerse de la gran utilidad de los "frigoríficos" o "frigos", como se denomina vulgarmente a las cámaras frigoríficas. Sin embargo, aparte, claro está, de los intermediarios, estos carniceros se han resistido en todos los paí-

ses a la implantación de estas instalaciones, y en todos los países han acabado por convencerse, acostumbrándose a ellos primero, y deseándolas ardientemente después, hasta el punto que, según Schwarz, en la Europa central, que figura a la cabeza en esta clase de instalaciones, los carniceros obtienen de los "frigos" tales ventajas, que les hacen olvidar los gastos y molestias impuestos por la Inspección Sanitaria, y se les oye comúnmente la hiperbólica afirmación de que no sentirían que se hundiese el matadero, con tal de que la instalación frigorífica quedase en pie.

Así, pues, en España, ahora que el de Madrid abre nuevos horizontes en la construcción y régimen de los mataderos, es lo probable que se pase por igual odisea que en los demás países. Habrá resistencia, es indudable; pero cuando se pongan en servicio las cámaras frigoríficas, ante la indiferencia afectada de los más interesados en su establecimiento, éstos tomarán el sabio partido de servirse de ellas, mediata o inmeditamente. Se convertirán en ardientes partidarios de lo que ellos despreciaban ayer, y animarán y recomendarán a sus colegas de otras ciudades a que reclamen la construcción de un frigorífico, y se repetirá una vez más la historia de siempre.

De otras ventajas importantes económicas trataremos después, cuando veamos la influencia de estas instalaciones en el abaratamiento de las carnes; pero, para terminar esta parte de nuestro trabajo, recordemos ahora que el frigorífico desempeña en los mataderos, con la estabulación, el papel de regulador del mercado, y que anulando casi totalmente las pérdidas debidas a causas atmosféricas y a la intoxicación producida por carnes descompuestas almacenadas en las carnicerías, se puede decir, con Schmitt de Mülheim, que la creación de los establecimientos frigoríficos ha sido uno de los más grandes servicios prestados a la higiene de la alimentación en los últimos tiempos.

Causas del encarecimiento de la carne en España e influencia de las instalaciones frigoríficas en su abaratamiento.

Trataremos el asunto suponiendo una época normal.

Empecemos por observar el enorme crecimiento del precio de la carne en nuestros últimos tiempos; debiendo advertir que, según nuestras noticias, hay tendencia a que aun suba mucho más. Las más importantes causas de encarecimiento de las carnes en España son: el que falta ganado, debido a la exportación abusiva; la existencia de un sinfín de intermediarios entre el ganadero y el carnicero; las pérdidas

que sufre el ganado transportándolo, y coste de este transporte en vivo; la falta de establos y cámaras frigoríficas, y el estar de hecho los mataderos del sistema antiguo, que son la mayor parte, en poder de los tratantes y abastecedores que intervienen en la compra-venta de carnes vivas y muertas, y que abusan tanto de su arbitraje omnipotente en el abastecimiento de carnes, que hasta los ganaderos y carniceros, elementos indispensables en el abasto, están a merced del intermediario, que puede hacerles abandonar o malvender parte de su mercancía, si éste es su deseo, por no poderse conservar el ganado en vivo, ni el sacrificado.

Examinemos sucintamente estas diversas causas y sus remedios posibles.

Escasez de carne.

Con ocasión de la última alza en el precio de la carne, se ha demostrado que falta carne porque falta ganado; y la mejor prueba de que el ganado escasea son los hechos siguientes:

Según el censo pecuario terminado el pasado año por la Dirección general de Agricultura, Minas y Montes, y que nosotros hemos comprobado por otras estadísticas, existían en España las cabezas de ganado de las diferentes clases que se expresan a continuación:

Ganado vacuno	3.712.000
Idem lanar	18.600.000
Idem cabrío	4.475.550
Idem porcino	4.990.000
Aves	20.224.000

Asignándoles a cada clase de ganado su peso medio, resulta que el número de kilogramos de carne que componen las anteriores cantidades de ganado son:

3.712.000,	a 160 Kg. uno	593.920.000
18.600.000,	a 10 ídem íd.	186.000.000
4.475.000,	a 10 ídem íd.	44.755.500
4.990.000,	a 45 ídem íd.	224.550.000
20.224.000,	a 1 ídem íd.	20.224.000
	TOTAL KG.	1.069.449.500

que distribuidos entre los 20.000.000 de habitantes, corresponde por habitante y año 53,47 Kg., o sean, al día, 146 gramos. Cifra esta última inferior todavía a la del consumo en las naciones bien abastecidas, y a pesar de indicar la anterior cifra la que correspondería al consumo por habitante y año, en el supuesto de que *todo* el ganado de España se sacrificase y consumiese en *un solo año,* y obsérvese que los pesos medios con que hemos contado para la carne utilizable de cada res, si pecan de algo, son de exagerados. No pueden ser más elocuentes las cifras anteriores.

Para remediar la escasez, es preciso fomentar el desarrollo de la Ganadería, disminuir la exportación, reducir los derechos de arancel de importación de reses extranjeras, sacrificándolas a su llegada, y no como ha ocurrido en Madrid, donde los omnipotentes abastecedores no consintieron se sacrificase una partida importante de reses extranjeras, hasta que, para evitar mayores pérdidas, las vendió el ganadero a dichos abastecedores por un precio irrisorio.

Por fin, para resolver este problema de escasez, entendemos que lo mejor es el establecer el comercio nacional e internacional de carnes congeladas o refrigeradas, como detallaremos después.

Intervención innecesaria de intermediarios.

La intervención innecesaria del tratante y del abastecedor hace subir también considerablemente el precio de la carne. Esto, que es imposible de evitar en mataderos con instalaciones y régimen de servicio anticuado, puede ser corregido en los modernos, estableciendo bien la municipalización absoluta, haciendo el Ayuntamiento de abastecedor único, u organizando este mismo Ayuntamiento un Cuerpo de corredores, oficiales con tarifa fija, a semejanza de los corredores de Bolsa, y que con determinadas condiciones de garantía se encargasen de aquella comisión.

Pérdidas que sufre el ganado en su transporte en vivo y coste de este transporte.

Según afirman los mismos ganaderos y carniceros, un tren de ganado llega a tardar de Galicia a Madrid hasta ocho o diez días; la res que pesaba en Galicia 20 arrobas, pesa en Madrid 18. Pero, además, el transporte de reses en vivo, aparte de que es expuesto a que sufra accidentes o se mueran en el camino, su coste es incomparablemente más elevado que si se hiciese con las carnes ya preparadas y congeladas.

El número de kilogramos de carne que se podrían transportar a igualdad de volumen o número de vagones sería, por lo menos, cuatro o cinco veces mayor, y las pérdidas se suprimirían, así como los gastos de manutención y estabulación.

Comercio nacional de carnes congeladas.

Hemos visto antes que para suplir la escasez de carne era preciso, entre otras cosas, el establecer el comercio nacional de carnes congeladas, y acabamos de ver ahora las pérdidas que suponen el transportar las reses en vivo.

Esto último queda remediado con lo primero; pero, para establecer dicho comercio nacional, es preciso establecer en las regiones productoras mataderos industriales donde se sacrifique y congele o refrigere la carne, y de allí se envíe a los centros de consumo. Se evitaría así la pérdida, que, según el señor Inspector de Higiene pecuaria de La Coruña, es de más de 3.000.000 de Kg. de carne; pérdida debida directa o indirectamente al transporte.

Tenemos noticia de que en Lugo existe desde hace tiempo la idea de establecer un matadero industrial de los que hemos indicado antes.

Comercio internacional de carnes congeladas.

Aun suponiendo que se llegasen a establecer dichos mataderos industriales en España, no bastaría; pues, como dijimos antes, falta ganado; y, de todos modos, es mucho más fácil la solución de importar las carnes congeladas del Extranjero. Demostrado que estas carnes no son inferiores a las carnes frescas, veamos la influencia que ejercería su importación en el mercado y cómo podría resolverse el problema.

Empecemos por calcular con toda aproximación y detalle a lo que costaría hoy un kilo de carne congelada en puerto español.

Hemos tomado como base para este cálculo las cotizaciones medias oficiales en la Argentina, durante los últimos meses de agosto y septiembre, y comprobadas por su publicación en los periódicos *La Nación, La Prensa* y el *Avisador Mercantil,* de Buenos Aires, no sólo para los precios del ganado en vivo, sino para las otras partidas, cuyos comprobantes poseemos. Para que resulte el más apropiado a la realidad, calculamos el coste de una res entera congelada en puerto español, deduciendo de él los productos que da esta res y determinando el coste

real del kilogramo de carne congelada en un puerto de España del modo que sigue:

Coste en Argentina de un bovino de primera, tipo normal, de 750 libras, carne neta, equivalente a 337,50 Kg., al precio corriente de 34 centavos libra m/l, equivalente a 1,66 pesetas el Kg., pesetas	560,25
Transporte al frigorífico (precio medio por res)	11
Preparación de la carne (a 55 pesetas tonelada)	18,70
Flete hasta puerto español (222,5 pesetas tonelada)	75
Seguros (225 por 100 del coste)	11
Descarga y acarreos (10 por 100 del peso en pesetas)	33,70
Quebrantos de cambio (2 por 100 del total)	14,48
	724,13

Productos de la res:

Cuero, 26 Kg. (a 2,63 pesetas el Kg.)	68,38
Caídos y subproductos (precios medios)	99,85
	168,23
	724,13
Coste total de 333,50 Kg. de carne, pesetas	555,90

Resultando el coste calculado a los precios actuales *de un kilogramo de carne* de primera calidad sobre puerto español a pesetas 1,659

con las 0,12 pesetas de derechos de entrada y demás gastos, resultaría en puerto español a 2 pesetas aproximadamente, y en Madrid, por ejemplo, contando con el transporte y la ganancia del expendedor, podría el consumidor adquirirla, por fin, a un precio de *2,70* ó *2,90* pesetas el kilogramo de carne perfectamente higiénica y digerible. Compárese este precio con el que alcanza hoy, de 4,50 y más, el kilogramo de carne corriente.

Veamos ahora la forma práctica de realizar esta importación de carnes refrigeradas y congeladas en las mejores condiciones higiénicas y económicas.

Dos son las tendencias que existen en España respecto a la manera de realizar la importación. La primera es la de formar una o varias Compañías poderosas con grandes capitales (cien o más millones de pesetas), con todos los elementos para efectuar importaciones de unas 200.000 o más toneladas anuales, o bien hacer la importación, como se ha hecho ya alguna vez en pequeña cantidad, es decir, trayendo la carne congelada en cámaras frías de barcos, preparadas o no, para carnes, y venderla sin más, a su llegada, lo más pronto posible.

Entendemos que la primer tendencia es exagerada y prematura; pues hay que tener en cuenta el gusto del público, las resistencias interesadas o rutinarias que han de oponerse y otras muchas razones que no entran en la índole de este trabajo enumerar, pero que podrían ocasionar el fracaso financiero de una Empresa que se estableciese con demasiados vuelos, teniendo en cuenta nuestros usos, costumbres y procedimientos. La segunda debe desde luego desecharse; pues la primera condición indispensable que sería absolutamente preciso exigir sería la de efectuar el transporte y conservación en condiciones perfectas de higiene; y por el procedimiento primitivo que se ha hecho hasta ahora las pocas veces que se trajeron a España (causa del descrédito de dichas carnes), no es posible que se llenaran aquellas condiciones necesarias.

Sería más conveniente, pues, a nuestro juicio, emprender el asunto con todos los elementos, sí, pero planteado aquél en términos más reducidos, con objeto de que casi desde el primer momento su marcha fuera tan floreciente como la de Empresas análogas en otros países.

Para no dar una extensión exagerada a este trabajo, con los datos técnicos y financieros de que disponemos referentes a la cuestión, nos limitaremos a dar una idea ligera de la forma técnica de realizarla.

Para asegurar el asunto, debería empezarse por contratar con uno de los frigoríficos de América del Sur la cantidad de carne refrigerada y congelada necesaria para su venta durante un espacio largo de tiempo; por ejemplo, seis meses. Esta carne, que podría así comprarse en buenas condiciones, debería ser transportada directamente al barco con instalación frigorífica. Este transporte se hace en Argentina, o bien del frigorífico, junto al muelle (como en la "Armour"), directamente o bien en barcazas (como en la "Sansinena"); pero, aun en este caso, no influye dicho transporte en las cualidades de la carne, pues se hace en buenas condiciones y dura a lo más tres o cuatro horas.

Una vez en el barco (que nosotros tomamos como tipo uno que cargue 4.000 toneladas de carne refrigerada y congelada), se introduce la carne en cámaras aisladas especialmente construidas, donde a una temperatura de —8° C. para la carne congelada y próxima a 0° C. para las refrigeradas, se conservan unas y otras en condiciones inmejora-

bles. La instalación frigorífica sería, en este caso, de una producción horaria de 95.000 frigorías, y su peso aproximado, de unas 130 toneladas, teniendo dos conducciones de salmuera: una, correspondiente a la carne congelada, y otra, para la refrigerada.

Llegado el barco a puerto español, a medida que fuese descargándose, se trasladaría la carne al depósito frigorífico, que se encontraría lo más próximo al muelle, y aunque se emplearan tres o cuatro horas en el traslado, tampoco la carne sufriría en sus buenas condiciones. El depósito frigorífico, relacionado con la instalación que hemos tomado como tipo, debería ser de una superficie total de 5.000 $m.^2$ en cámaras para conservación de carnes congeladas, y para la refrigerada, en las proporciones convenientes. Temperaturas análogas deberían ser sostenidas en dichas cámaras, que tendrían una capacidad de 5.000 toneladas para una introducción semanal de 1.000, y su instalación frigorífica sería de una producción por hora de 225.000 frigorías. El depósito debería tener también una instalación de descongelación, con objeto de realizar ésta lentamente y en las mejores condiciones higiénicas.

La carne congelada que no se consumiera en la misma ciudad del depósito o sus alrededores, se podría transportar en vagones frigoríficos a las ciudades del interior. Estos vagones, o bien formarían un grupo completo con 3, 5 ó 7 vagones de los que el del centro llenase la instalación productora del frío, que transmitiría a los restantes (solución en la que no hay que pensar por ahora en España), o bien irían uno o varios, con sus pequeños depósitos de hielo separados de la carne. Estos últimos vagones, que serían los que se instalasen, pudiendo cargar 10 toneladas de carne cada uno, van colocados sobre plataformas normales, llevan triple pared, llenos los dos espacios intermedios con material de corcho aislante y dos bandejas especiales para el hielo que sostiene la temperatura, con sus desagües para el agua condensada.

Por lo que se refiere al abastecimiento de Madrid, todavía podría ser más fácil la solución, ya que dentro de poco tiempo estarán en estado de servicio las cámaras de conservación de carnes congeladas que instalamos en el nuevo Matadero. La operación se reduciría, pues, a tener dispuestos junto al muelle de desembarco de la carne congelada el número de vagones frigoríficos necesarios, a los que se llevaría directamente desde el barco. Dichos vagones, que tienen acceso hasta el mismo costado de las cámaras del nuevo Matadero, las transportarían a éstas, y allí quedarían conservadas el tiempo que fuera necesario a las necesidades del consumo.

De una manera u otra, vemos que la solución técnica del problema no es difícil; y como no es necesario insistir en los grandes beneficios que reportaría al bien público el que se pudiera disponer en nuestros

mercados de carne a buen precio, creemos que debría prepararse y fomentarse la importación, con las garantías que señalábamos antes.

No terminaremos esta parte de nuestro estudio sin recordar que, en el Congreso Internacional del Frío, celebrado en París en 1908, quedó aprobada la conclusión siguiente:

"Que los Gobiernos de todos los países en que la carne no existe en cantidad suficiente para bastar a las necesidades de la población, favorezcan con reducciones en los derechos de aduana la importación de las carnes frigoríficas, ventajosas desde el doble punto de vista de la higiene y de la economía públicas."

Influencia de las cámaras frigoríficas de los mataderos en el abaratamiento.

Las cámaras frigoríficas y de conservación de carnes congeladas en los mataderos hacen con la estabulación el papel de regulador entre la oferta y la demanda, ejerciendo su influencia beneficiosa en el mercado y suprimiendo agios y abusos. Permiten realizar el sacrificio en la época más conveniente cuando el ganado pesa más, y cuando sea la ocasión más oportuna para el ganadero y el consumidor; evita las pérdidas por descomposición durante los calores, y el carnicero puede sacar de su cámara cada día la cantidad justa que venda. Todas estas causas de abaratamiento explican lo que recordábamos antes de los carniceros alemanes, y hasta en Francia, donde ha habido bastante resistencia a estas instalaciones, han acabado por convencerse de los beneficios económicos que reportan; y el Dr. A. Carreau, el apóstol de las instalaciones frigoríficas en los mataderos de Francia, aprecia como sigue la ventaja que los carniceros de Dijon, población de unos 80.000 habitantes, obtienen con la utilización del frigorífico de su matadero:

"En las ciudades donde se han instalado frigoríficos, las pérdidas por elevación de temperaturas y defecto de aprovisionamiento se evitan; y estas pérdidas se calculan en unos 500 francos por carnicero y año, y en Dijon, donde la cifra de éstos se eleva a 70, la pérdida anual es de 35.000 francos.

"En las ferias y mercados donde se hacen las transacciones, ocurre a veces que se producen alzas muy grandes, especialmente en las vacas y corderos, y los que no disponen de cámaras frigoríficas se encuentran en la necesidad de no comprar sino su provisión ordinaria, y no pueden aprovechar un momento de baja, como los otros que dispongan de ellas, que pueden aprovechar la baja y aprovisionarse para bastante tiempo.

"Después de cada mercado, los carniceros sacrifican la mayor parte

de su aprovisionamiento, economizando gastos de entretenimiento y nutrición. evitando accidentes mortales ocurridos en los largos transportes y comprando a precios bajos.

"Sin exageración, se estima en 60.000 francos anuales las economías que proporciona a los carniceros de Dijon el frigorífico de su matadero."

Vemos, pues, que, tanto conservando las carnes sacrificadas en el matadero, como las congeladas nacionales o extranjeras, una racional instalación de cámaras frigoríficas y de conservación de carnes congeladas puede influir poderosamente en la reducción del precio de la carne, y en la realización, por lo tanto, del fin social de poner al alcance del consumidor la mayor cantidad posible de carne en buenas condiciones higiénicas y de precio para que pueda llegar a ser adquirida por las clases poco acomodadas.

Ligera idea sobre la composición y funcionamiento de las instalaciones frigoríficas en los mataderos, y en especial de las que forman parte del de Madrid.

Producción del frío.

El frío industrial se produce generalmente por medio de la evaporación de líquidos volátiles, empleándose de preferencia a este fin los gases liquidados. Esta vaporización se hace aspirando, por medio de una bomba, los vapores del líquido volátil contenido en el refrigerador; y como si tirásemos esos vapores a la atmósfera, la obtención del frío resultaría muy costosa, se les comprime nuevamente por medio de la misma bomba en la siguiente embolada a la de aspiración, pasando entonces el gas comprimido a través de un condensador de agua fría, que le hace volver al estado líquido al refrigerante, en donde nuevamente se vaporiza, realizándose así un ciclo continuo de funcionamiento.

Vemos, por tanto, que esta máquina de enfriar funciona como una máquina de vapor; pues así como ésta transforma parte del calor de la caldera en trabajo mecánico, la máquina frigorífica absorbe el calor de los cuerpos que enfría con producción de trabajo en el recuperador de gases. La diferencia estriba en que siendo el objeto de la máquina de vapor la producción de trabajo, nos vemos obligados a desperdiciar calor en la caldera para obtener aquél, mientras que en la máquina de producir frío necesitamos gastar más trabajo que el teórico necesario para obtener una absorción de calor determinada.

El trabajo que con relación al teórico ha de consumir la instalación compuesta de aspirador, compresor, condensador y refrigerante para

obtener la unidad de calor negativo (frigoría) expresa el rendimiento de aquélla.

El régimen de marcha de la instalación puede ser seco o húmedo. Daremos una idea del primero, que es el que da más rendimiento. En este caso, el líquido refrigerante no llena sino parcialmente el evaporador; el compresor no aspira sino vapor saturado, que es comprimido, pasando a vapor no saturado o recalentado y lanzado al condensador, donde primeramente se enfría a temperatura de saturación; después, se liquida, y, por fin, se enfría el líquido a una temperatura algo superior a la del agua de refrigeración a su entrada en el condensador; el líquido obtenido atraviesa la llave de regulación para llegar al refrigerante, donde reina una presión inferior a la del condensador, y donde se transforma en una mezcla de líquido y vapor, de donde es aspirado por el compresor como hemos dicho, y volviendo a realizarse el ciclo como antes.

Conservación por el aire frío.

El aire frío es el único medio que debe emplearse en la refrigeración y conservación de carnes. La producción del aire frío se realiza en las mejores condiciones haciendo que este aire se haya preliminarmente filtrado a través de líquidos refrigeradores o puesto en contacto de superficies enfriadas. De aquí la existencia de los "frigoríferos" o aparatos donde el aire se enfría.

Frigoríferos.

La elección de un buen frigorífico en una instalación para conservar debe merecer toda la atención del que proyecte tales instalaciones. Pueden ser de superficie seca (expansión directa), o de superficie húmeda (de cascada de salmuera); uno y otro sistema tienen sus partidarios; y aunque pudiendo emplearse prácticamente cualquiera de los dos sistemas, siempre son algo más usados los de cascada de salmuera. Lo que aquí es preciso es que el aparato esté construido adaptado perfectamente al uso que se le destina; pues, si no, su efecto de purificación del aire, que pasa a través de él, es casi nula. Con ocasión de una cuestión presentada en el Matadero de Basilea (Suiza), donde se observó que en los locales servidos por unos frigoríferos, la carne se conservaba mejor que los servidos por otros de otra construcción, se realizaron experiencias que demostraron la superioridad de unos frigoríferos sobre otros, solamente con el estudio de los cultivos de bacterias contenidas en el aire antes y después de su paso por el frigorífero; lo que daba su po-

tencia purificadora. Efectuamos la experiencia con placas Petri llenas de gelatina, tapadas con un cristal. Cada placa se exponía durante treinta minutos a la corriente de aire, que tenía una velocidad de tres metros por segundo, a la entrada y a la salida del frigorífero; y como la gelatina es un excelente terreno de cultivo para las bacterias, éstas se desarrollaban allí con gran facilidad; cada bacteria, poniéndose en contacto con la gelatina, se desarrollaba en seguida, formaba un cultivo, y cada colonia se presentaba entonces bajo el aspecto de un círculo. La simple inspección de los tres fotograbados que acompañan este trabajo prueban la importancia de una buena elección de frigorífero.

El aire que es lanzado a través de los aparatos anteriores pasa después por los conductos, y es impulsado frío a los locales refrigerados, de donde es aspirado por los mismos ventiladores, que efectúan la impulsión de dicho aire.

Agentes frigoríficos.

Se emplean como frigorígenos, o agentes frigoríficos, el NH_3, CO_2, SO_2, $ClCH_3$, ClC_2H_5 y otros; pero, de ellos, la industria emplea, casi exclusivamente, los tres primeros. En circunstancias análogas, las máquinas sirven prácticamente igual, sea cual fuere el agente frigorífico empleado; sin embargo, el rendimiento de las máquinas de ácido carbónico disminuye considerablemente en cuanto se eleva la temperatura del agua de condensación. El empleo de estas máquinas en condiciones normales puede llegar hasta rivalizar con sus concurrentes; pero no está justificado desde el momento que la temperatura del ácido carbónico antes de la válvula llega a 25° (Lorenz), y para ello la temperatura del agua, a la entrada en el condensador, debe ser de 20° a 22°, que es un caso que se presenta muy frecuentemente, sobre todo en el mediodía de España, donde el agua disponible llega a pasar los días calurosos hasta de los 25° C.

Cámaras frigoríficas.

Una vez visto cómo se produce y utiliza el frío seco, veamos cómo ha de ser la cámara frigorífica. Estas son dos: la antecámara y la cámara. En la descripción de las del Matadero de Madrid, que sigue, veremos el régimen de temperaturas, etcétera, de estos locales. Ahora diremos que estas cámaras tienen sus muros, techo y suelo cubiertos completamente por una o varias capas de aislamiento, y en los muros, sobre esta capa aislante, hay todavía construído por la cara interior de los locales otro muro que hace de volante de frío.

Aislantes.

Merece la pena que nos detengamos un poco sobre este punto.

En España, existen los corchos de mejor calidad del Mundo. Son exportados, en parte, por constituir la primera materia de los diferentes productos de esa industria, y en parte, son manufacturados en España, donde se obtienen conglomerados de corcho tostado, sin más aglutinante que sus propias substancias resinosas destiladas y condensadas. Hemos efectuado ensayos con dichos aglomerados, realizando estos ensayos por los métodos del hielo y de la caja de aceite, y hemos obtenido un coeficiente de conductibilidad medio de 0,037 cal. por hora, metro cuadrado, metro de espesor y grado de diferencia de temperatura, lo que supone un gran adelanto en esta industria, que es eminentemente nacional, y que debe desarrollarse aún más si los asuntos frigoríficos toman en España el puesto que les corresponde. La higroscopicidad de estos aislantes no es muy diferente de las de los aglomerados con brea, y se evita el que pase la más pequeña cantidad de humedad, extendiendo una capa continua de brea sobre el muro, y contra esta capa en caliente colocar el aislante. Como una instalación de aislamiento de este género no existe, que nosotros sepamos, en España, constituirá este perfeccionamiento una de las novedades que encerrará el Gran Matadero Moderno de Madrid, de cuya instalación frigorífica vamos a dar una idea.

Idea sobre las instalaciones frigoríficas del Matadero de Madrid.

Se compone de una antecámara frigorífica de cerdos, con una entrada de carne diaria de 20.000 Kg. y con una temperatura del local de +13° a +10°, otra antecámara para lanar y vacuno, con una entrada de carne diaria de 35.000 Kg. y a iguales temperaturas. Una cámara frigorífica, con una entrada diaria de carne de 55.000 Kg., procedente de las antecámaras, donde han quedado veinte horas y sosteniéndose en este local, que estará dividido en tres partes y contendrá varias celdas para guardar las carnes conservadas, la temperatura entre +5° y +2°.

Un depósito para carne congelada contendrá 200.000 Kg. de esta carne y la temperatura de —7° a —8°; en un local de descongelación se efectuará ésta con toda perfección. Por fin, un local de congelación, donde se puede alcanzar la temperatura de —15°, suficiente para que se efectúe aquélla.

El aire es renovado en todos los locales cuatro veces al día.

Las antecámaras y cámaras absorben 160.000 frigorías por hora. Los depósitos de carnes congeladas, 50.000 frigorías por hora.

Se instala un generador de hielo, correspondiente a la potencia de uno de los cuatro compresores, y absorberá la potencia que no se emplee en la refrigeración de locales, siendo, pues, un complemento de la instalación. Esta corresponde a una producción horaria de:

160.000 calorías absorbidas por una temperatura de evaporación del NH_3 de —12° y 50.000 colorías para ídem íd. de —22°. La temperatura de liquefacción, para los dos casos, de +30°.

Las máquinas para esta instalación serán cuatro compresores de NH_3, de una potencia frigorífica total de 414.400 frigorías por hora, los condensadores y refrigerantes correspondientes, así como los frigoríferos para los diferentes locales, y los diferentes y numerosos accesorios y detalles de la instalación, que consume una fuerza de unos 115 HP., y contiene además un generador de hielo capaz de una producción diaria aproximada de 12.000 Kg. de hielo transparente y en bloques de 25 Kg. El proyecto de esta instalación frigorífica, primera de esta importancia que se hace en España, elaborado por el que suscribe, en colaboración con otros Ingenieros de la Casa Sulzer, se está realizando en la actualidad; y esperamos que muy pronto puedan verse prácticamente los beneficios que reporta un perfeccionamiento tan transcendental, tanto desde el punto de vista de la higiene, como de la economía.

LEGISLACION

En España se ha legislado poco sobre la materia.

El Real decreto de 6 de abril de 1905 regula el funcionamiento de los mataderos, especialmente por lo que respecta a la Inspección sanitaria, sin hablar para nada de instalación frigorífica; lo que nada de particular tenía, estando dictado dicho Real decreto teniendo en cuenta la antigua disposición de los mataderos entonces existentes en España. Es interesante de todos modos recordar que ya existía la Real orden de 25 de junio de 1904, disponiendo que el certificado de Sanidad y origen de las carnes procedentes del Extranjero fuera expedido por un veterinario oficial y visado por el Cónsul del sitio de procedencia. Disposición esta última que implicaba directamente la admisión de carnes extranjeras y, por consiguiente, tocaba el problema de su conservación necesaria.

Posteriormente se ha publicado el Reglamento general de Mataderos, en 5 de diciembre de 1918, el cual ha sido redactado teniendo en cuenta los mataderos antiguos, que si bien es cierto son la mayoría,

entendemos debería haberse previsto el caso de que nuestros mataderos, siguiendo la marcha progresiva de sus similares del Extranjero, se modernizasen, adoptando métodos e instalaciones desconocidos por los antiguos, a los que está dedicado dicho Reglamento.

El régimen arancelario actual para las carnes es de libertad de derechos, para las frescas, por Real orden de 12 de enero de 1916; y para los ganados, por la de 2 del mismo año. Para las carnes congeladas, el derecho arancelario es de 12 pesetas los 100 Kg. en el régimen general independiente de las actuales circunstancias y de franquicia por Real orden de 13 de septiembre de 1918 (*Gaceta* del 17).

En el Extranjero, existen ya, desde hace muchos años, disposiciones legislativas que, por la índole de este trabajo, no vamos a enumerar aquí: solamente como prueba de la importancia que se ha dado siempre a las instalaciones frigoríficas, y de lo necesarias que siempre se han considerado en los mataderos, recordaremos una disposición del Consejo municipal de Colonia, dictada en 1897, como consecuencia de la queja de un carnicero, quien reclamaba que se fusionaran los derechos de degüello y frigorífico en uno solo, y, según el cual, "teniendo en cuenta las exigencias actuales de la higiene, un matadero sin frigorífico sería inadmisible para una ciudad como Colonia. Actualmente, las instalaciones frigoríficas solamente faltan en los mataderos de construcción antigua o que corresponden a ciudades poco importantes". Esta decisión del Consejo municipal fué confirmada por el Tribunal Administrativo Superior de Berlín en 23 de diciembre de 1902.

Citaremos también la ley Meline, en Francia, que, con pretexto de garantizar la higiene pública y con la finalidad efectiva de proteger la Sociedad de Ganaderos francesa, impidió la introducción de carnes extranjeras, a raíz de establecerse en París un gran depósito frigorífico por una Compañía argentina, que comprometió varios millones en la obra, prohibiendo la importación de animales muertos.

Respecto de la influencia que la citada importación pudiera ejercer en su Ganadería nacional, puede recordarse lo que Deschanel decía ya en 1915, o sea, que Francia habría de pedir a la Argentina y al Uruguay la carne frigorífica, sin la que los rebaños franceses no podrían ser reconstituidos.

Consignando, para terminar, que entre las condiciones de autorización para la apertura de mataderos en Francia, figuran la número 29, 30, 31 y 32, que se refieren exclusivamente a la instalación frigorífica, y en el Reglamento general de Mataderos de la misma nación, figura un título entero, el V, con sus artículos del 70 al 87, ambos inclusive, dedicados a reglamentar el servicio y funcionamiento de los locales re-

frigerados, concediéndole tanta importancia a esta parte integrante del matadero como a los otros servicios de que se ocupa con tanto detalle nuestro último Reglamento.

CONCLUSIONES

Las instalaciones frigoríficas son indispensables hoy en todo matadero moderno, porque contribuyen poderosamente a regular el mercado y beneficiar al productor y consumidor.

En toda disposición legislativa que se dicte de aquí adelante referente a mataderos, debe tenerse muy presente todo lo concerniente a instalación frigorífica, concediéndole una importancia semejante a los demás servicios indispensables de dichos mataderos. Siendo la principal causa de encarecimiento de la carne la escasez de ganado en España, debe prepararse y fomentarse la importación de carnes congeladas, habilitando las cámaras de conservación existentes y construyendo otras nuevas, y contando, por lo que respecta a esta Corte, con que pronto estarán en funcionamiento las de su Matadero.

Si una Empresa privada solicitase una autorización de importación, debería exigírsele el que dispusiera de cámaras racionalmente instaladas y del número de cámaras a flote y vagones frigoríficos necesarios.

Teniendo en cuenta la gran conveniencia de realizar una labor armónica tendiendo a fomentar todo lo posible esta importante rama de la industria, y a semejanza de lo que ya funciona desde hace años en los demás países, se propone al Congreso el estudiar la organización de una "Asociación Española del Frío"."

El Sr. HAUSER hace constar que todos los elementos intelectuales deben aprestarse a defender las innovaciones que, en defensa de intereses creados, son atacadas rudamente, como ha sucedido en algún país con las carnes congeladas y en casi toda Europa con la sacarina.

El Sr. ESCORIAZA hace constar que las industrias frigoríficas favorecen y no contrarían el desarrollo de la Ganadería, por lo que se adhiere a las conclusiones como Ingeniero-agrónomo, ofreciendo tratar este tema en la Sección 7.ª

Se aprueban íntegramente las conclusiones, y se acuerda que los Sres. Hausser y Bastos formulen una nueva conclusión, que será votada en la sesión próxima.

El Sr. SERRANO diserta sobre el asunto que motiva la siguiente Memoria, siendo también aprobadas sus conclusiones íntegramente:

"DE URGENTE NECESIDAD: EL LABORATORIO Y EL TALLER

Por D. César Serrano, *Comandante de Artillería.*

Creyendo interpretar fielmente el principal objetivo perseguido por este Congreso de Ingeniería, de aportar trabajos que sean en esencia preceptos de imprescindible cumplimiento por parte de la Industria española para obtener un avance gigantesco y positivo en el progreso de la fabricación nacional, nos permitimos exponer el presente, por la absoluta persuasión que poseemos de la urgente necesidad que hay de aplicar lo que en sus conclusiones ofrecemos; bien entendido que creemos firmemente que lo propuesto entra dentro del campo fructífero de la más reconocida y comprobada práctica, y que ni es nuevo el tema para los Ingenieros españoles, ni se trata de elucubraciones puramente teóricas, sino que es perfectamente conocido de todos; pero se impone iniciar intensamente el fomento de su implantación y de su difusión por toda la Industria nacional.

¿Es buena la fabricación nacional en general?

¿Satisface cumplidamente las exigencias de la demanda actual?

¿Puede asegurarse la nacionalización de todas las industrias, entendiéndose por tal la emancipación (relativa) de la fabricación extranjera?

¿Podemos competir en calidad, precisión y precios con la mejor fabricación de los países más adelantados?

Preguntas son éstas que a diario se oyen; y sus respuestas son bien sabidas de todos. No las contestamos de un modo franco y explícito por no ser necesario; pues implícitamente están contestadas.

Cada día se exige más en la fabricación. Esto es natural consecuencia del inmenso avance en el progreso de la moderna Industria.

Se impone el perfeccionamiento en la construcción para alcanzar un más *alto nivel* en los *beneficios materiales* que toda industria reporta, y para elevar todo lo más que se pueda *el prestigio y la fama* de la Casa que construye.

La Industria española, hay que confesarlo, se resiente de falta de perfección, de exactitud o precisión y de buena calidad en los productos que elabora; de aquí la lentitud con que se logra nacionalizar cualquier fabricación, y la necesidad de recurrir a la producción extranjera con grave perjuicio del desarrollo de la de nuestro país. Esto es axiomático: se ansía, por productores y consumidores, adelantar en la factura de todo lo que esmeradamente se elabora en la Industria extranjera, y

no se aplican los medios para conseguirlo, por ignorancia unos, por falta de voluntad otros; y a borrar esa ignorancia y a despertar la voluntad dormida en pro del fomento del buen trabajo en los talleres españoles, tiende este escrito, al que obliga a empezar con las siguientes afirmaciones:

"Se impone el ensayo en todos los materiales de construcción y de consumo."

"En todos los centros fabriles, grandes y pequeños, deben instalarse máquinas y aparatos de ensayo, más los de investigación metalográfica en los metalúrgicos y en los de construcción mecánica."

"La fabricación perfecta se basa en el ensayo; completado en la construcción metálica y mecánica, con el análisis metalográfico de las aleaciones empleadas."

"El análisis químico, el mecánico y el microscópico deben asociarse, cooperando en consorcio para la buena fabricación."

"La fabricación nacional está necesitada de la investigación y del ensayo."

"La labor del Ingeniero ensayador ha alcanzado hoy una importancia extraordinaria."

"El ensayo constituye actualmente una rama más en la carrera de la Ingeniería."

He aquí un índice de conceptos que, en rigor, son uno solo, y que constituyen el programa de este nuestro trabajo, en el que, como hemos dicho, nada nuevo se va a exponer a los Ingenieros españoles que a fondo los conocen; pero quien haya tenido ocasión de recorrer las industrias nacionales de todas clases y magnitudes, habrá visto que son rarísimas las factorías en las que se ven instalaciones que denoten la importancia que hay que dar a la base de una perfecta y garantida fabricación.

En cambio, es tan sentida la necesidad de difundir el fomento del ensayo en general y del metalográfico en particular (eminentemente práctico e industrial), que a ello tiende este escrito, ya que su autor es un convencido de que nuestros carriles, nuestros motores térmicos, hidráulicos, eléctricos, nuestros productos metalúrgicos en general, y siderúrgicos en particular, nuestros cementos hidráulicos, nuestros morteros, hormigones (ordinarios, hidráulicos, armados, etc.), no han alcanzado todo el grado de perfección que se pueda exigir, debido a que se atiende exclusivamente a una práctica del trabajo, huérfana del todo de las normas tan razonadas y acertadas que ofrece la técnica puesta en acción, con una bien entendida práctica de ensayo y de investigación.

Aun se ven fábricas de construcción metálica y mecánica que solamente disponen de un pequeño laboratorio químico y de algún tosco

aparato de ensayo mecánico; fábricas de productos metalúrgicos con la sola ayuda para los trabajos de su producción, de un laboratorio químico, y no sirven para remediar los males, los continuos accidentes y roturas de graves consecuencias, en la construcción de los modernos motores térmicos de Automovilismo y de Aviación, pudiendo suceder, como seguramente ha ocurrido, que piezas de acero obtenidas por forja o estampación han sufrido tratamientos térmicos y mecánicos inadecuados, y sin usar de medios de comprobación, se han colocado en sus respectivos puestos de trabajo, donde se les piden esfuerzos, no solamente grandes, de elevadas cifras, sino de diferentes clases dentro de la clasificación mecánica de éstos, con la influencia además de su alternancia, de la temperatura y demás circunstancias que tanto contribuyen a poner en peligro su solidez. Se adquieren los aceros de herramientas en los talleres donde se labran manual y mecánicamente los metales y maderas, y apenas, por excepción, hay algún taller donde, para recibir esos aceros, al adquirirlos, se les someta al ensayo completo de laboratorio en su triple aspecto químico, mecánico y metalográfico antes de proceder a las pruebas tecnológicas, contentándose a lo más, en algunos establecimientos, a efectuar unas pocas de estas pruebas.

No digamos los carriles, que tantísima garantía deben ofrecer en su composición, en su constitución, en sus propiedades mecánicas. Innumerables ejemplos podrían citarse de materiales de construcción y de materiales de consumo que se entregan y se reciben sin que el consumidor ni el productor se preocupen poco ni mucho de su análisis completo, deduciéndose lógicamente la consecuencia, de alta importancia para nuestra Industria, de que *se impone el ensayo en todos los materiales de construcción y de consumo*.

En toda construcción que envuelve responsabilidad, por afectar, bien a la seguridad de los servicios, bien al riesgo de la vida, se ofrece el problema de a quién debe cargarse aquélla: si al que fabrica, si al que recibe o usa. En el primitivo trabajo en que no existía el ensayo y en que se admitían sólo como garantías los altos coeficientes de seguridad de los constructores, ocurrían desastres y catástrofes, y no se culpaba a nadie, ni se pensaba en depurar responsabilidades, por el hecho de no haber sido ensayados los materiales; pero hoy las cosas han cambiado. El conocimiento de las propiedades de los materiales de construcción ha aumentado extraordinariamente; los métodos de ensayo han crecido en maravillosa proporción; y puede decirse que no hay Ingeniero que deba admitir material defectuoso para sus construcciones. Dejamos aparte la influencia de las consideraciones comerciales en el empleo de los materiales; pero no tiene perdón de Dios quien a sabiendas admite sus defectos por la sola razón de que la finalidad

principal es hacer lo que hoy se llama un bonito negocio. Debe obligarse, si no por la Ley, por lo menos por la fuerza de la pública opinión, a recurrir a los laboratorios y métodos de ensayo e investigación que ofrezcan en toda obra pública las garantías contra los graves accidentes.

Pocos campos de estudio son tan fecundos en resultados útiles y conducen a tan gran progreso como el de las causas de los defectos de los materiales o de la construcción. Tal estudio podrá ser desagradable, a veces desalentador; pero el que aspira a grandes avances debe observar las lecciones tan provechosas y que tanto enseñan provinientes de los defectos. Bien es verdad que puede obtenerse una información muy valiosa con el estudio de materiales que no ofrecen defectos y cumplen su servicio satisfactoriamente; pero nada mejor que la comparación de las propiedades y características de aquellas partes de una construcción que se han comportado muy bien en el trabajo, con las características y propiedades de las que han ofrecido defectos en el mismo trabajo o servicio; no hay duda: es un método de aproximación más satisfactorio. Faraday, que pasó su vida experimentando, acostumbraba a decir que "aprendía más de sus faltas y fracasos que de sus éxitos".

Si los defectos se producen en trabajos de experimentación, poco valor hay que conceder a la responsabilidad; no es lo mismo tratándose de trabajos reales en los que puede haber pérdida de vidas o destrucción de la construcción; pues, entonces, la cuestión de responsabilidad puede ser grave, pudiendo ser varias las causas que motiven los defectos: mal material, poca habilidad en la mano de obra, defectos en el proyecto de la construcción, intenciones malignas, etcétera.

El material defectuoso no hay que confundirlo con el material inadecuado; es *defectuoso* un carril con un mal perfil de cabeza, un eje forjado de un lingote segregado, mortero o argamasa con materiales mal mezclados; es *inadecuado* emplear fundición en lugar de acero o acero de características impropias a los esfuerzos que tenga que soportar y modo de trabajar, etcétera.

Hemos citado, como concepto fundamental al principio de este escrito, que "la fabricación perfecta se basa en el ensayo, completado en la construcción metálica y mecánica con el *análisis metalográfico* de las aleaciones empleadas".

Negar importancia a la *Metalografía aplicada,* que así puede llamarse la práctica de los ensayos metalográficos (determinación de los puntos de transformación para saber templar y revenir a conciencia; investigaciones de la existencia de estos puntos para deducir los efectos de los tratamientos térmicos; análisis microscópico de las estruc-

turas, para deducir la existencia o no de uniformidad de constitución consecuencia de la homogenidad apetecida por todo Ingeniero constructor, etc., etc.), negar importancia, repetimos, es hacer a sabiendas muy poco honor a los que deseamos el progreso industrial.

En España, se oye decir con frecuencia, y se lee en escritos de personas de innegable competencia, que "no se debe conceder a la práctica de la Metalografía más valor que el muy limitado de sus aplicaciones puramente de investigación científica". No se puede ni se debe admitir esto más que como una manifestación clara de que quien lo dice no ha sentido los efectos del dominio de la práctica de esta rama de la Ciencia aplicada a la Metalurgia y a la Construcción, auxiliar poderosísimo del que quiere obtener excelentes productos y del que quiere fabricar con verdaderas seguridades.

Véase, en cambio, lo que se oye en otros países reconocidamente adelantados: Inglaterra (auténtico). Visitando muy recientemente una factoría de Escocia un Ingeniero español, cuyo nombre no hace al caso citar, vió que se había dado gran importancia a la instalación del gabinete o laboratorio para análisis metalográfico; y al felicitar a los Ingenieros por ello, dijeron una gran verdad, que el Ingeniero español hubiese deseado fuese oída por todos los Ingenieros industriales españoles, que fué la siguiente, traducida a nuestro idioma, sin aumentar ni quitar concepto: "La competencia industrial sólo puede salvarse fabricando bien y sin estropear ninguna pieza; lo que requiere que el fabricante saque del estrecho límite de los gabinetes de enseñanza aquellos aparatos que pueden evitar camino a ciegas en su labor; de aquí que estimamos que el microscopio puede reunir utilidades sin cuento." Preguntaron al Ingeniero español si no pensaban así los industriales de nuestra nación; y hubo de responder aquél, tras corta vacilación, "que sí; pero que seguían dando mayor importacia a las pruebas mecánicas, sin duda por ser éstas las que ponen de manifiesto las cualidades que se ejercen en las piezas en trabajo". A lo que hubieron de responder a su vez los Ingenieros escoceses, con sobrada razón, "que sólo las pruebas mecánicas dicen poco"; y le ofrecieron un caso práctico de momento: un alambre que había fabricado otra Sociedad, y que se les remitió para su galvanización. Se efectuó ésta, y al poco tiempo de estar en servicio el material—que en sus pruebas acusó excelentes cualidades físicas en contra de este óptimo resultado de prueba o ensayo—, se comportó muy mal en aquél. Prepararon unas muestras al microscopio para someterlas al juicio del Ingeniero español; y éste pudo observar que, mientras la parte exterior del alambre acusaba claramente la estructura característica de la *perlita,* la parte central era una mezcla *desorientada de martensita y osmondita;* la que, seguramente, con-

servaba la acritud producida por las intensas deformaciones debidas a los esfuerzos mecánicos a que se había sometido. Las tensiones internas que no se manifestaron en el momento de las pruebas acusaron más tarde su presencia y demostraron que si, antes de galvanizar el metal, se hubiese estudiado micrográficamente, se hubiese conocido su falta de *homogeneidad estructural* y no se hubiese perdido el dinero y el tiempo en las operaciones ulteriores.

Y no es ya sólo en el campo de los metales donde tiene importancia el uso del microscopio, sino que la Petrografía es tan interesante como la Metalografía. Los cementos y los hormigones y morteros hidráulicos, por haber sido asunto que ha llamado poderosamente la atención de los Ingenieros, la cuestión de la "*duración de los morteros*", han sido, y deben ser, objeto de estudio desde el punto de vista de su constitución de estructura. Aunque diferentemente que en los aceros, los componentes que forman un hormigón o un mortero no pierden sus identidades en la masa. Cualquier mortero u hormigón es dependiente para las propiedades de su masa, de la suma de las propiedades individuales de los componentes, y cualquier estudio para determinar causas y efectos necesitan la consideración de cada una de ellas. De las cuatro substancias o materiales primarios que entran en cada hormigón hidráulico (piedra, arena, cemento y agua), el cemento y agua se unen químicamente, formando una substancia nueva con nuevas propiedades, que, añadidas a las demás propiedades de las demás substancias de composición, complican las propiedades de la masa; de aquí que se estudien, primero, individualmente, y, después, colectivamente, las diferentes substancias para llegar al conocimiento de aquélla.

El microscopio, al permitir estudiar las piedras, hace ver que algunas de éstas aparecen como verdaderos hormigones naturales, así como las arenas por su analogía de composición y constitución. El cemento, compuesto más o menos definido de un cierto número de radicales químicos (CaO, MgO, SiO_2, $Al_2 — O_3$, $Fe_2 — O_3$, SO_3, $H_2 — O$), es el que merece más estudio, por depender de él, principalmente, la duración y propiedades de los hormigones, y el microscopio es el más poderoso auxiliar de investigación de la naturaleza, calidad, cantidad y propiedades de los constituyentes y las reacciones que los han podido producir, observando muestras de "clinker" conveniente y análogamente preparadas a como se preparan las muestras de acero; y no solamente se limitará la aplicación de examen al cemento portland, para que de las microfotografías de su estructura se deduzcan las cualidades y calidad del mismo y aceptarlo o rechazarlo con conocimiento de causa, sino que, del mismo modo, se pueden preparar muestras de hormigón; y aparte de las enseñanzas que puedan aportar experiencias de inves-

tigación científica hechas en un laboratorio, los trabajos de análisis microestructural podrán proporcionar útiles beneficios a productores y consumidores; asunto que también está muy estudiado como consecuencia de las discusiones técnicas a que han dado lugar experiencias muy concienzudas y detalladas que han sido hechas sobre este particular.

Muchos adversarios del microscopio como elemento auxiliar de trabajo en talleres, han aparecido; pero poco a poco van disminuyendo, al convencerse de que sus beneficios son inmediatos, son positivos, siquiera sirvan, en algunos casos, nada más que para comprobar propiedades o conocimientos ya sabidos; y lo que no puede negarse es que, al progreso y a la mejora en la fabricación, ha contribuído grandemente el microscopio, habiéndose llegado a decir, por sabios y prácticos Ingenieros, que la investigación microscópica es una necesidad más entre las bases científicas usadas para el avance de la construcción.

Claro está que esto siempre sobre la base de que esta investigación se una a la investigación química y a la investigación mecánica, haciendo que, siempre, el *análisis químico, el mecánico y el microscópico se asocien, cooperando en consorcio para la buena fabricación.*

Y si el examen de pequeñas muestras pulimentadas y atacadas por reactivos, o sea el examen microscópico, ha sido llevado a un alto grado de excelencia, no ha dejado de serlo en buen grado también el examen *macroscópico* de los poros, cavidades, faltas de homogeneidad en la composición, grietas o farras, defectos en las piezas fundidas y forjadas, defectos de soldaduras y otros que suelen acompañar al acero, y que el laminado y la forja, en general, dificultan su investigación en la simple inspección visual. Bien sabido es que es casi imposible el obtener un acero perfecto, sin defectos, sea cual fuere el procedimiento que se emplee y las precauciones que se tomen para evitarlos; y mientras el análisis químico, el microscópico y el ensayo de las propiedades físicas y mecánicas son más o menos satisfactorias para la inspección del acero fabricado, se hace muy de desear, por las notables ventajas que reporta, el examen *macroscópico.*

La Macroscopia tiene un origen antiquísimo, bien conocido por los egipcios, y recientemente, en fechas posteriores, ha adquirido gran desarrollo; en 1779, ya indicó Jacques Perret que el acero Damasco podía ensayarse por el ataque o corrosión; en 1873, atacaba Bergman con ácido sulfúrico para distinguir el hierro del acero; en 1850, Edwin Clark podía demostrar la diferencia entre el remachado manual y el mecánico atacando a las uniones de los remaches; en 1873, Kick demostraba la estructura del material soldado; en 1878, Von Kerpely, en su obra sobre carriles, mostraba numerosas uniones de éstos, de hierro y acero;

en 1886 y en 1894, aparecieron multitud de artículos, en la revista *Stahl und Eisen,* de Ledebur, Stein, Weddnig, Martens y otros notables Ingenieros; en 1893, en el Congreso Internacional de Chicago, el Instituto Americano de Ingenieros de Minas ofreció notables y curiosos ejemplos de macro-estructuras; en 1896, Tetmajer, en su obra sobre acero básico de carriles, hace notar que los ensayos de corrosión macroscópicos son muy importantes; en 1896, el Comité nombrado por el Departamento de Negocios señaló la exigencia de la investigación de la pérdida de resistencia del acero de carriles, por causa del uso de los mismos en las líneas férreas, y Roberts-Austen, como consecuencia de ello, ofrece una discusión sobre la macro y la microestructura; en 1906, con ocasión del Congreso de Bruselas celebrado por la Asociación Internacional para el Ensayo de los Materiales, se presentaron por Ast interesantes enseñanzas sobre el examen macroscópico de hierros y aceros, con numerosas fotografías, y se recomiendan los agentes de ataque más convenientes, como son: *a*) diluir los ácidos clorhídrico, nítrico y sulfúrico al 30 por 100; *b*) 20 gramos de iodo y 30 de ioduro de potasio en 1.000 gramos de agua (Tetmajer); *c*) ácido clorhídrico en alcohol al 30 por 100 (Martens y Heyn), etcétera; en 1908, Ch. Fremont presenta en la *Revue de Metalurgie* un artículo muy completo titulado "Essais des fers et des aciers par corrosion", con numerosas ilustraciones; discute a Ast y a Heyn, y ofrece métodos para hacer las *fotomacroestructuras,* proporcionando hasta ocho agentes de corrosión; en este mismo año, Julius Springer, en su "Handbuck des material prufüngswesens", ofrece un trabajo sobre *Macroscopia,* dando ejemplos de carriles, piezas diversas de forja, piezas ensayadas a la flexión y a la compresión, etcétera, con fotografías *macroscópicas;* en el mismo año 1908, un informe del Arsenal Watertown sobre ensayo de metales muestra diferentes secciones de carriles observados *macroscópicamente;* en 1909, aparecen, con ocasión de la investigación de acero de carriles, detalles amplios de información acerca del examen macroscópico, utilizando como agente de corrosión la iodina, que revela con mucha claridad los defectos y la estructura; en 1912, Bauer y Deiss recomiendan, en su trabajo "Probenatime und Analyse von Eisen und Stahl", la solución Heyn de cloruro amónico de cobre, con ejemplos muy interesantes de material fundido y laminado; en 1913, Preuss, en "Die praktische Nutzanwendung der Profung des Eisens durch Atzverfaheren und mit Hilfe des Mikroskopes", también recomienda la solución de Heyn, y da multitud de ejemplos de ensayos macroscópicos de hierro forjado, acero, soldaduras, piezas punzonadas, remachadas, etcétera; en 1914, Rosentrain, en "An introduction to the study of Physical Metallurgy", discutiendo el desarrollo de la estructura, men-

ciona el uso de soluciones de sales de cobre, y dice que el método de Giolitti para las aleaciones cobre-estaño ha sido aplicado con éxito a los hieros y aceros, obteniéndose el depósito gradual de cobre metálico por un proceso de reemplazo electroquímico; por último, en el año 1915, Stead, en una sesión del "Iron and Steel Institute", da un método de investigar las variaciones del fósforo en los hierros y aceros con un reactivo a base de cloruro de cobre, cloruro de magnesio, ácido clorhídrico y alcohol.

En general, los reactivos ensayados y preconizados para el examen microscópico se utilizan con éxito para el análisis *macroscópico*.

Al mayor progreso de la Macroscopia, ha contribuído el perfeccionamiento de utilizar el zinc fundido como baño de acción o de ataque, sumamente beneficiosos en la preparación de las superficies a examinar; innumerables ejemplos podríamos citar de lo útil del procedimiento, y entre ellos recordamos uno de los más importantes, por referirse a una de las labores que más ha contribuído a su adelanto el auxilio de la investigación metalográfica; nos referimos a los aceros de alta velocidad de corte. Este acero, en experiencias hechas, tratado por el baño de zinc y, después, por el ácido sulfúrico diluído, presentó su superficie fuertemente picada como porosa y estriada en algunos puntos, permaneciendo invariable el resto de ella; las manchas observadas eran indudablemente áreas o zonas de masa fuertemente carburada, debidas a la imperfecta aleación del ferromanganeso y demás adiciones, que suelen ser de alta dosis de carbono y también de alto punto de fusión, no permitiendo que sea rápida la difusión y dando lugar a una mezcla física falta de homogeneidad; defecto que es de verdadera importancia en los útiles de las máquinas-herramientas que emplean un tal acero.

La conclusión de todo lo expuesto sobre Macroscopia es que debe efectuarse el examen macroscópico de toda clase de lingotes de hierro pudelado y de acero forjado; de aceros de toda clase de carburación, ordinarios y especiales, y entre éstos los de corte rápido para herramientas; los carriles Bessemer (en éstos se suele dar el caso de que, seccionándolos, ofrecen las superficies de corte aspectos excelentes, y después de atacados por el baño de zinc con el complemento del óxido sulfúrico diluído, o bien por cualquiera de la serie de reactivos recomendados para estos ensayos, los cuellos de cada muestra aparecen como esponjosos y, por tanto, acusando el defecto); piezas de toda clase moldeadas y forjadas, ejes, tubos, etcétera.

Todo lo anterior quiere decir que, en Inglaterra, y lo mismo podíamos decir de Alemania, de todas las demás naciones y, muy especialmente, de los Estados Unidos de América, han comprendido bien la utilidad de la Metalografía aplicada en lo que a Microscopia y a Ma-

croscopia se refiere, que al decir de Gullón, Jefe del Laboratorio de Investigación Metalográfica de la Escuela de Minas: "... la justificadísima aspiración de todo el que anhele grandeza para nuestra España, no podrá lograrse sin que las fábricas, tanto civiles, como militares, conozcan y practiquen la Metalografía intensa y concienzudamente."

En el VI Congreso de la Asociación Internacional para el Ensayo de los Materiales, se dió cuenta detallada del progreso de la Metalografía desde el año 1909; en un luminoso informe del profesor Heyn, de Berlín-Lichterfeld, traducido del alemán por H. Borns, se dió a conocer la extraordinaria actividad desarrollada durante el período citado; en él expuso el doble diagrama del sistema hierro-carbono presentado por Heyn-Charpy, con datos de estos profesores, más los proporcionados por Roberts-Austen, Carpenter & Keeling, Gutowsky, Hanemam, Ruff y Goeche, Warh, Ruer & Ijin. Se precisaron los fenómenos alotrópicos y el temple de las aleaciones hierro-carbono. Se dieron estudios sobre la influencia del tratamiento previo en el hierro forjado, sobre la maleabilización y cementación, sobre la fundición, con conclusiones muy interesantes, así como sobre las ferroaleaciones industriales, hierro y cromo, y manganeso, y níquel y titano, y vanadio, y tungsteno; aceros rápidos, cobre y sus aleaciones; estaño y sus aleaciones; metal de cojinetes; otras aleaciones diversas.

INGENIERO ENSAYADOR

Digamos ahora algo para mostrar la alta importancia del que ya hoy fundadamente debe titularse "Ingeniero ensayador", ya que poco hay que esforzarse para comprender la importancia de esta especialidad más: que no puede concretarse al químico analista, sino al ensayador mecánico, al investigador metalográfico, al que, poseyendo un conocimiento perfecto de las propiedades técnicas de los materiales, sabe determinar todas sus constantes, las cifras de sus características, de sus componentes, de sus constituyentes y puede decretar las operaciones o tratamientos que convengan para lograr con precisión aquéllas.

La progresiva ampliación que viene adquiriendo el significado de la palabra "*Ingeniero*" es altamente interesante. Empleada en los primitivos tiempos para designar hombres de habilidad capaz de proyectar y ejecutar trabajos de consideración, tales como castillos, fortificaciones, puentes, especialmente en conexión con asuntos militares, bien pronto tomó una amplia significación, y fué muy propiamente aplicada a los que tenían habilidad y capacidad para proyectar y ejecutar toda clase de trabajos de práctica utilidad en tiempo de paz. Sólo a los mi-

litares se les llamaba sencillamente *Ingenieros;* y llegó a ser de desear la misma designación a quienes también en tiempo de paz hacían trabajos semejantes, y para distinguirlos de los Ingenieros militares se les denominaba Ingenieros civiles; designación que permanece hasta hoy y que caracteriza a los hombres de capacidad. Innecesario es ofrecer el desarrollo histórico y sucesivo de la palabra "Ingeniero"; basta decir que, con el progreso de los tiempos, fueron apareciendo las diferentes denominaciones de: "Ingenieros mecánicos", "Ingenieros de Minas", "Ingenieros navales", "Ingenieros electricistas", "Ingenieros de Caminos", "Ingenieros químicos", etcétera. Al compás del progreso de la denominación, iba el progreso de la aplicación. Al principio, se aplicaba sólo al que tenía la habilidad de ofrecer originalidad, invento, etcétera; hoy, a quien dirige la ejecución con arreglo a conocimientos y enseñanzas aportados por otros, y así se llega al extremo de denominarse Ingeniero al encargado de la dirección de los talleres de máquinas-herramientas, el que maneja el regulador de una locomotora abusando de la palabra, aunque parece menos abuso aplicarla a quien ha interpretado un esquema de trabajo, empleando ingenio y tacto, venciendo verdaderas dificultades hasta llegar al logro satisfactorio del proyecto en cuestión. De esto se deduce la justificación de la denominación de "Ingeniero ensayador" para quien, dedicado a la investigación y ensayo de los materiales, ofrece a la Industria conocimientos y enseñanzas, que van siendo de día en día más indispensables para satisfacer las exigencias actuales de la moderna fabricación.

El Ingeniero ensayador actúa con una triple capacidad de investigador, consejero y juez, hallando nuevas verdades de utilidad práctica, comunicando enseñanzas al productor y al cliente, y determinando con sus ensayos el cumplimiento de las condiciones de los contratos en el interés recíproco del cliente y productor. El profesor en los laboratorios de las Escuelas no tiene clientes que satisfacer, no defiende los intereses de ninguna entidad financiera y no tiene antagonismos que vencer, a excepción de las dificultades que ofrecen los secretos de la Naturaleza; no existe el antagonismo humano que presiona sobre el Ingeniero ensayador industrial. Un ejemplo lo aclarará. Supongamos que el asunto de investigación es la determinación del fósforo de un acero. El investigador independiente, que así podremos llamar al profesor químico, hace sus estudios y experiencias, y publica sus resultados; no hay influencia externa de condición humana, y dará cuenta del resultado tal y como lo halló. En cambio, el químico industrial, si efectúa la determinación para salvar los intereses del productor, seguramente que la cifra del fósforo será menor que la que quedó convenida en el con-

trato; y si el químico industrial está por parte del consumidor, la cifra será mayor. He aquí el antagonismo humano.

Volviendo al Ingeniero ensayador. Como ya indicamos, el campo de trabajo de este importante elemento del mundo industrial parece ser, y es indudablemente, hallar cosas nuevas o defender los intereses de productor o consumidor, debiendo haber tres clases de Ingenieros ensayadores: el Ingeniero independiente, el Ingeniero del consumidor y el Ingeniero del productor. En un principio, había sólo dos: el independiente y el del consumidor; pero bien pronto los productores sintieron la necesidad de defender sus intereses y sus materiales: de aquí la aparición de sus correspondientes Ingenieros y, por todo lo dicho, la necesidad de establecer las oficinas de inspección y laboratorios de ensayo.

¿Cuál debe ser el carácter y cuál el equipo mental, llamémosle así, del Ingeniero ensayador? Más fácil es quizá decir: ¿qué clase de inteligencia será más apropiada a esta rama de la Ingeniería?, que decir: ¿cuáles han de ser los positivos requerimientos de un buen Ingeniero ensayador? Desde luego debe ser independiente, tener absoluta confianza en sí mismo, documentarse bien con análisis de hechos y aumentar su aptitud para deducir con facilidad conclusiones de los datos que tiene a mano. Debe ser ingenioso para inventar métodos de demostración de los resultados que saca, y ser un cuidadoso observador de datos. Debe estar libre de propensiones y de prejuicios, y procurar no engañarse a sí mismo. Pudiendo admitirse que "los experimentadores nacen y no se hacen", deberá tener fondo de experimentador poseyendo genio para ello. Debe conservar constantemente en su mente el fin al cual tienden sus experiencias, y comprender claramente el efecto de cada paso en el progreso de sus ensayos, así como su influencia en el resultado final. Sobre todo, debe ser un pensador y atacar los problemas por un análisis de sus elementos, mejor que estudiar problemas análogos ya resueltos por otros o rebuscando en su memoria conocimientos adquiridos en la Escuela.

De estas consideraciones puede hacer la siguiente objeción: ¿Qué pueden hacer las Escuelas en el camino de la enseñanza para proporcionar ese equipo mental de que hemos hablado al Ingeniero ensayador? Podemos contestar, por la propia experiencia, que mucho. Entre el sistema que ofrece al alumno gran conocimiento de los métodos y manipulaciones, y con un grado deficiente de los conceptos fundamentales que le ponen en condiciones de darse poca cuenta del porqué de los hechos observados, y el sistema de una enseñanza de fundamentos, no dominando ni los métodos ni las manipulaciones, es preferible el segundo; pues si bien los dos primeros años rendiría más un joven

Ingeniero que hubiese sido instruído por el primer sistema, el que hubiera recibido la enseñanza por el segundo sistema, llega a ser infinitamente más eficiente y más beneficioso.

Hay que tener en cuenta que el equipo mental que las Escuelas pueden suministrar es solamente una fracción del que necesita el verdadero Ingeniero ensayador, sobre todo si se da el caso de que su primer campo de trabajo ha de ser la defensa de los intereses de un gran consumidor; pero las Escuelas deben dotar al alumno de conocimientos fundamentales de técnica de los ensayos, sobre una sólida base de principios técnicos y de práctica en los métodos de aplicación, no olvidando la máxima de Faraday.

Como última justificación y epílogo de esta argumentación que ofrecemos, creemos es interesante una rápida ojeada retrospectiva que permita ver la evolución que ha experimentado el conocimiento de los materiales y la constante atención de que siempre ha sido objeto.

Antes del año 1800, se conocían poco las propiedades de los materiales de construcción. Galileo demostró en 1638 que la resistencia de una viga rectangular variaba con el cuadrado de su espesor; Hocke, en 1678, anunció la ley de variación de la resistencia al estirado de un muelle (proporcional al esfuerzo ejercido); varios autores descubrieron las formas de las vigas de resistencia uniforme, y Euler, en 1744, enunció su fórmula para la resistencia de las columnas a la compresión. La teoría estaba privada de la comprobación práctica, porque eran muy pocos y muy imperfectos los experimentos de ensayo, por lo que el límite elástico de los materiales era apenas conocido.

Durante el período de 1800 a 1850, se hicieron grandes progresos en la teoría de la elasticidad, y aunque con lentitud, repercutieron en el conocimiento de las propiedades de los materiales de construcción. La introducción de los caminos de hierro y la consiguiente necesidad de proveer con sólido lecho y garantías de resistencia a los puentes metálicos, obligó a poderosos estímulos en pro de la investigación de los metales, a fin de conseguir la mayor seguridad compatible con el mayor grado de economía.

Los métodos de ensayo fueron, sin embargo, tan imperfectos, que el progreso tenía que ser lento, y, con la excepción de las clásicas investigaciones de Hodgskinson, el trabajo de este período fué de gran valor como preparación para el futuro.

Después del año 1850, comenzaron a construirse grandes máquinas de ensayo para fines especiales, empezándose a estudiar cuidadosamente el alargamiento; y lo que entonces, y hoy por algunos, se llamaba ductilidad, que no es sino la tenacidad; y pronto, después de 1870, se reconoció por muchhos constructores que los ensayos físicos de los me-

tales eran imperativamente necesarios, a fin de asegurar uniformidad de producto.

Como esos ensayos fueron multiplicándose y los registros se sometían a la investigación y al análisis, los conocimientos fueron ganando terreno, y condujeron a la consecuencia de que la resistencia de una muestra o barreta de prueba dependía de su tamaño y de las proporciones de dimensión, así como de la manera de aplicar y transmitir la carga objeto de ensayo.

El término-límite elástico admitió una nueva significación, cuando llegó a reconocerse que podía definirse y medirse de diferentes modos. En resumen: se llegó a la importante enseñanza de que los ensayos de los materiales deben hacerse de una manera semejante, para que los resultados puedan ser comparables. Esta enseñanza había sido ya idea, objeto de estudio, durante mucho tiempo, y ofreció siempre una dificultad, que fué la de la posibilidad de conseguir la *estandardización* —admítase la palabra—, el patronaje, el modelaje-tipo de los métodos de ensayo. Muchas sociedades de Ingenieros discutían sobre este particular, tratando de conseguir semejante ideal; y hay que confesar que nadie como los Estados Unidos dedicaron todo su empeño y todos sus esfuerzos al comprender la importancia de este asunto y su transcendencia en la construcción, y al efecto constituyeron la "Asociación Internacional para el Ensayo de los Materiales", cuya principal misión fué estudiar el asunto en su totalidad y llegar a deducir conclusiones con carácter autoritativo.

En 1882, con la influencia de Juan Bauschinger, un número de experimentadores alemanes establecieron y discutieron en Munich el asunto en cuestión en cuanto a métodos de ensayo de materiales. Como resultado de estas reuniones, se dieron notables conferencias en Dresden, en 1884; en Berlín, en 1886; en Munich, en 1888, y en Viena, en 1893, estando presentes a ellas delegados de otros países europeos. La publicación de los resultados de esas conferencias llamaron poderosamente la atención, y fueron motivo de discusiones de alto valor en las entidades y sociedades de Ingeniería. En suma, el movimiento tomó un carácter internacional.

En 1890, y como resultado del Congreso Internacional de Ingeniería celebrado en París en el año anterior, el Gobierno francés designó una Comisión para formular métodos-tipo para el ensayo de los materiales de construcción. Sus trabajos, publicados en 1894, en cuatro amplios volúmenes, ha sido una de las contribuciones más valiosas aportadas al asunto de referencia; pero ya desde un principio, se reconoció que las conclusiones no podían ser determinadas con el valor legal que se requería por una Comisión de una sola nacionalidad; y como con-

secuencia de esto, desde el año 1895, el Gobierno francés ha dado vigoroso apoyo al trabajo de la Asociación Internacional.

En 1895, y como resultado de cuatro conferencias preparatorias, se celebró una quinta en Zurich, en la que tuvieron representación todas las naciones europeas, excepto Turquía.

En este Congreso se organizó de un modo formal la "Asociación Internacional para el Ensayo de los Materiales", no variando su objeto tal como se estableció en sus estatutos, o sea, para atender con decisión firme al *desarrollo y unificación de los métodos para la determinación por el ensayo de las propiedades de los materiales de construcción y de consumo y también la perfección de aparatos para ese propósito.* Esta reunión de Zurich tuvo por esta razón una importancia mucho mayor que las conferencias que la precedieron, pudiendo llamarse con justicia "*Congreso de la Asociación Internacional*".

En el Convenio de Viena de 1893 se nombraron veinte Comités para asuntos técnicos, y de ellos se publicaron varias Memorias, que fueron presentadas en el Congreso de Zurich de 1895. Esas Memorias se redactaron en idiomas francés y alemán; idiomas que se determinaron para el *Baumaterialienkunde,* órgano oficial de la Asociación, el primer número del cual apareció en julio de 1896. El trabajo de algunos de esos Comités se continuó; otros asuntos se propusieron a futuras consideraciones, y se organizó un Consejo para el despacho de los de la Asociación Internacional en el intervalo de Congreso a Congreso.

En 1897, tuvo lugar el segundo Congreso de la Asociación Internacional en Estocolmo, al que concurrieron trescientos sesenta y un miembros en representación de diez y ocho naciones. La sesión de este Congreso duró tres días; se presentaron trabajos de diferentes Comités; se leyeron y se discutieron algunos escritos interesantes, y se proyectaron planes para el trabajo futuro. Se resolvió que el próximo Congreso se celebrase en París en el verano de 1900, y el Consejo fué autorizado para designar los Comités técnicos encargados de la redacción simultánea de Memorias sobre problemas relativos a las finalidades de la Asociación.

En el año 1901 tuvo lugar el tercer Congreso en Budapest; el cuarto fué en Bruselas, en 1906; el quinto, en Copenhague, en 1909, y el sexto, en Nueva-York, en 1912.

Los miembros de la Asociación Internacional que estaban designados de catorce países hasta el año 1902, entre los que figuraba España con treinta y seis miembros, ha llegado a ser formada en 1912 por representaciones de treinta naciones, y España, con ochenta y siete miembros.

Es de observar que el principal objeto de la Asociación Internacio-

nal fué como en sus Estatutos se establece: "el desarrollo y unificación de los métodos de ensayo; el examen de las propiedades técnicas más importantes de los materiales de construcción y otros materiales de valor práctico, y también el perfeccionamiento de los aparatos y máquinas empleados para este propósito".

Otro asunto muy importante que la Asociación Internacional ha incluido recientemente es el de las condiciones facultativas de recepción de los materiales.

Todos los asuntos de la Asociación los administra un Consejo formado por el Presidente y un representante (miembro del Consejo) de cada país que tenga más de veinte miembros.

Los métodos de trabajo que se siguen por la Asociación están basados en el nombramiento de Comités constituídos por miembros en los diferentes países; y aunque con las dificultades propias de las diferencias de lenguaje, laboran brillantemente, y gracias a sus trabajos, se publican anualmente Memorias de amplia información impresas en alemán, inglés y francés.

Con el fin de estrechar las relaciones entre los miembros pertenecientes a la Asociación Internacional de cada nación, y para simplificar sus trabajos, se decidió en el Congreso de Estocolmo de 1897 aumentar el estímulo y entusiasmo de los diferentes miembros en los diversos países con la creación de Asociaciones nacionales separadas, con objetos idénticos a los de la Internacional y en directa relación con ésta, como son: representar a las dos partes de todo negocio, vendedor y comprador; representar, lo que puede llamarse Consejo profesional, a los Ingenieros consultores e inspectores; promover el conocimiento de los materiales de Ingeniería; establecer los modelos de las condiciones facultativas y los de los métodos de ensayo.

De todo lo que llevamos expuesto, claramente se deducen las dos necesidades más importantes que ofrecemos:

1.ª *Necesidad de crear en España la "Asociación Nacional para el Ensayo de los Materiales", encargada de promover, por todos los medios, el conocimiento de los materiales y establecer condiciones facultativas y métodos de ensayo.*

2.ª *Necesidad de que todos, absolutamente todos los talleres de trabajo de la fabricación nacional, grandes, medianos y pequeños, que se precien de trabajar bien, efectúen instalaciones de aparatos y máquinas para los ensayos de sus materiales y comprobación de los productos de su fabricación, en sus tres aspectos: químico, mecánico y microscópico.*

La primera necesidad puede satisfacerse con relativa facilidad al existir en España notabilísimos Ingenieros, y en gran número, para organizar la Asociación con su Consejo directivo y con miembros activos y honorarios, ya sean individuos, ya corporaciones, entidades, sociedades técnicas, facultades de enseñanza, bibliotecas, etcétera, de cuyas reuniones anuales o circunstanciales saldrían, a no dudar, enseñanzas y preceptos que permitirían avanzar a pasos agigantados en el camino del progreso de la fabricación.

El programa de trabajo a encomendar a la "Asociación para el Ensayo de los Materiales" es amplio. Como aquí sólo tratamos de exponer las líneas de orientación, señalaremos unos puntos importantes que podrán ordenarse en progresión de dificultad de su desarrollo y de importancia en los preceptos que de ellos se deriven, pero que, aunque desordenadamente, apuntamos a continuación.

Figura en primer lugar la determinación de las condiciones facultativas de los materiales que usa la Ingeniería; es, indudablemente, una de las funciones más importantes que a la Asociación nacional se la han de encomendar, y agrupándolos convenientemente, se podrán clasificar en grupos obedeciendo a su naturaleza u origen, con sus correspondientes subgrupos después en esta o parecida forma:

Grupo A.—Materiales metálicos.
Grupo B.—Materiales de origen vegetal.
Grupo C.—Materiales de origen pétreo.

En el grupo *A*, podrían incluirse las subdivisiones siguientes:

a) Materiales ferrosos; *b*) Materiales no ferrosos. En estos últimos, estarían comprendidas las aleaciones del cobre y otras. En los ferrosos se especificarían, para efectos de condiciones facultativas a exigir: los aceros Bessemer para carriles; aceros para tubos y manguitos de piezas de artillería; ídem de toda clase de proyectiles y material de guerra; aceros de solera para carriles; los aceros de solera para vigas y diferentes perfilados; el acero estructural para material de puentes; los aceros para calderas y hogares; los aceros para remaches; los aceros para ejes; los aceros al carbono para ruedas de material móvil de ferrocarriles, forjados o laminados, o simplemente laminados; los aceros de forja en general; los aceros moldeados; los hierros de remaches para calderas; las barras de hierro refinado; los lingotes de fundición; las fundiciones para tuberías y fundiciones especiales; los cilindros de locomotoras; las ruedas de fundición; las fundiciones grises; la fundición maleable; las chapas de acero y barras de acero laminadas. Pueden incluirse en este grupo, desde el punto de vista de atender a hacer tipos o modelos: la

práctica del recocido de las piezas de aceros ordinarios diversos, forjados y laminados y, en general, todos los ensayos tecnológicos.

En los metales no ferrosos se comprenderán las aleaciones del cobre, comenzando por el cobre mismo (alambres de cobre de alta y media dureza, los alambres de cobre recocidos, las barras, rosetas, planchas, lingotes); los bronces y el bronce manganeso en particular; los latones especiales para cartuchería de fusil y cañón, para envueltas de balas, para cápsulas; los latones para laminar chapa delgada; los latones corrientes para piezas moldeadas.

En el grupo *B, Materiales de origen vegetal,* se deben considerar como materiales demandantes de ensayo los comprendidos en el concepto de maderaje de *armar para construcciones,* pudiendo aceptarse, como definición de este término, a aquellos productos de madera en los cuales la *resistencia mecánica* es la característica que hay que investigar para su selección y acertado empleo.

Deben incluirse en esta denominación, y, por tanto, deberán constituir materia de ensayo, los siguientes productos:

Madera de construcción de armados.—Todos los elementos de los entramados para las cerchas de las cubiertas, como los pares, las cumbreras, las tornajuntas, los cabios, etcétera.

Madera de construcción de edificios.—Vigas y viguetas de entramados verticales, pilares o postes, tornajuntas y jabaleones, maderas de pisos, viguetas y cabios cojos, brochales, armaduras para huecos de ventanales y ventanos, etcétera.

Madera de carretería.—Bastidores, pinas de ruedas, lanzas, etcétera.

Madera de construcciones navales.—Para cascos y para cubierta de buques, pontones, etcétera.

Madera para cimentaciones.—Pilotes, encofrados, entibados, emparrillados, etcétera.

Madera para construcciones de puentes (grupo C).—Materiales de origen pétreo.

En este grupo han de considerarse los materiales naturales (piedras y arenas), y los artificiales (cales, cementos, hormigones, morteros, ladrillos, tejas, productos refractarios, etc., etc.), añadiéndose todos aquellos que pueden considerarse como complementarios en la construcción, como los betunes, asfaltos, gomas, etc., etc.

* * *

Pasemos a ver la manera de cumplir la segunda de las necesidades que hemos dejado apuntadas.

Del *laboratorio químico* nada debemos señalar que no sea reconocer

la obligación que toda fábrica tiene de disponer de este laboratorio en la magnitud que exija la fabricación donde ha de rendir utilidad.

Mucho, en cambio, tenemos que decir de los laboratorios para ensayos mecánico y metalográfico que en las industrias metalúrgicas y de construcción metálica y mecánica, sea cual fuere su importancia, han de ser uno de los elementos de organización de mayor valor, si no el primero; y como no tratamos aquí de explicar la técnica del ensayo, ni mucho menos ofrecer descripciones de máquinas y aparatos, nos concretamos únicamente a dar a conocer cuáles deben ser los ensayos más fundamentales y precisos, y qué clase de máquinas modernas pueden utilizarse.

De la lista que quedó señalada acerca de los diferentes materiales que deben ser objeto de determinación de condiciones facultativas, ya parece deducirse cuáles han de ser los ensayos que han de practicarse en los mismos. Siguiendo un orden análogo, nos permitiremos ofrecer los siguientes datos e informes, que nos atrevemos a calificar de reconocida utilidad.

GRUPO A.—Materiales metálicos.

Los ensayos que, correspondiendo a la investigación de los valores de R, E, A, ρ y Δ, son los primordiales en el concepto mecánico, exigían antes máquinas y aparatos complicados, voluminosos y hasta de engorroso manejo; hoy es muy sencillo montar las modernas máquinas que ofrecen Casas especiales dedicadas a esta clase de trabajos, y muy especialmente las americanas.

Determinación de R, E y A.—Así sucede con las máquinas llamadas universales para el ensayo de R, E y A en las distintas clases de esfuerzos; hasta hace pocos años, era un complicado problema instalar y manejar las máquinas de ensayo para los esfuerzos de tracción, compresión, flexión y cizallamiento. Las poderosas máquinas de ensayo propias de laboratorios de investigación científica siguen siendo complejas, aunque es mucho más reducido el espacio que ocupan; en cambio, para los fines puramente industriales, que es para lo que nos estamos refiriendo, existen máquinas sencillas de instalar y de manejar, como sucede con las modernas máquinas Riéhlé, de Filadelfia, que, con capacidades variables entre 10.000 kilogramos y 500.000 kilogramos y accionamiento distinto, con o sin disposición automática para registrar esfuerzos, llenan las necesidades de los talleres, desde los más reducidos hasta los más amplios y dotados de los mayores elementos de trabajo.

Deben citarse también como máquinas que merecen especial atención para ensayos de productos metalúrgicos: la máquina vertical de

accionamiento hidráulico, para ensayos de tracción de 250.000 kilogramos de capacidad, de particular aplicación para ensayo de aceros laminados de cualquier forma de sección o perfil (redondo, cuadrado, plano, octogonal, etc.); la máquina especial de vibración, para el ensayo de los pernos, con capacidad de 15.000 kilogramos; la máquina especial registradora, para obtener dos diagramas simultáneamente de una misma muestra o barreta de ensayo, indicando uno de ellos (usando palancas y multiplicaciones determinadas) el alargamiento más allá del límite elástico en los materiales dúctiles y el alargamiento total en los materiales duros, y el otro (con otras palancas y otras relaciones de multiplicación), el alargamiento sobre el límite elástico que permita acusar éste de un modo exacto.

Para la más exacta aplicación de las máquinas de ensayo que quedan enumeradas, existen disposiciones mecánicas de precisión adaptables a aquéllas, y permiten medidas exactísimas, con errores menores de dos milésimas de milímetro, como son los *extensómetros, comprensómetros, flexómetros* y *torsómetros.*

También se puede disponer de máquinas como la Riéhlé, de cabezal doble, para la obtención de las muestras de ensayo, hasta 35 por hora.

DETERMINACIÓN DE ρ Y Δ.—Por la extraordinaria importancia de la determinación de los valores de ρ y Δ, hacemos párrafo aparte, empezando por recordar la existencia de las máquinas especiales para la investigación de la cifra (*resiliencia*), martinetes-péndulos Charpy, que, dicho sea de paso, excelentes han sido las enseñanzas de este sabio metalurgista, figurando entre una casi infinita serie de experiencias sobre puntos que afectan a la práctica del trabajo de las aleaciones metálicas, particularmente a los aceros, cuatro experimentos muy interesantes hechos con martinete-péndulo de 30 kilográmetros para estudiar la influencia de los tratamientos térmicos en el valor de la *resiliencia* (resistencia a la rotura por choque traducida en energía consumida para efectuar esa rotura, en kilográmetros por cm.^{2} de sección). El primer experimento lo efectuó en una pieza tomada de un manguito de acero de cañón que se rompió; por recalentamiento, se consiguió aumentar el valor de la *resiliencia* tres veces más, permaneciendo invariables los límites de rotura a la tracción y el elástico. El segundo experimento fué hecho con acero cuaternario níquel-vanadio, del que se prepararon varias muestras de ensayo fundidas y forjadas con diferentes tratamientos térmicos, de las que se dedujeron las constantes específicas para su comparación; las piezas forjadas calentadas un poco por debajo del punto A, dieron la mayor resistencia a la rotura, o sea, el mayor valor de la resiliencia; por tratamientos térmicos semejantes, se llegó a conseguir que las piezas forjadas ofreciesen una tenacidad parecida a la

de las piezas fundidas. El tercer experimento hubo de proporcionar los resultados que se obtuvieron con un acero de baja carburación (0,20 por 100 C., hipoeutectoide) templado, calentado, por encima de A_3 y reducido a temperaturas diversas por debajo de A_1, haciéndose los enfriamientos en el temple diferentemente en agua, al aire y en el horno; las muestras enfriadas en agua fría fueron más duras y más frágiles que las que se enfriaron en el aire y en el horno, aunque fueron iguales las temperaturas de calentamiento inferiores a A_1. El cuarto experimento permitió determinar el efecto de la forma de la entalladura de la barreta de prueba, comprobándose que no afecta marcadamente la forma de la ranura en la resistencia al choque mientras no exceda de 45° la inclinación de sus caras.

Estas experiencias de Charpy que acaban de apuntarse sin los muy interesantes detalles inherentes a su ejecución, muestran por el pronto que bastan las pruebas de fragilidad con el martinete-péndulo para deducir enseñanzas utilísimas respecto a la influencia de algunas causas sometidas al estudio sobre los valores de la resiliencia y, por tanto, alguna apreciación del valor del acero en su concepto mecánico, allí donde faltan los ensayos de tracción.

No es de este trabajo exponer los fundamentos científicos del ensayo de fragilidad. Está tratado en múltiples trabajos publicados en notables revistas y en la obra *Estudios sobre ensayo de productos metalúrgicos,* del autor en colaboración. Aquí sólo nos obligamos a encarecer la instalación de aparatos y máquinas (martinetes de caída, péndulo y rotatorios) en la escala de magnitud de energía en kilográmetros desde 10 en adelante, según la importancia del taller.

Respecto a la investigación de la dureza, hecha: bien por el método Brinell, eminentemente práctico, basado en la determinación de la resistencia ofrecida a la penetración de una esfera de dureza extraordinaria sometida a una presión dada; bien por el método de Ludwik, en el que se emplea un cono circular de 90° de ángulo, fundamentado del mismo modo que el método Brinell; bien por el método del scleróscopo Shore, tan práctico o más que el Brinell, fundado en la medida de la altura de rebote de un martillo de acero endurecido que choca en el metal que se ensaya; bien por el método Bauer, que depende de la magnitud de taladro que una broca de acero que gira a una velocidad y con una presión constante efectúa en el metal de ensayo; bien por el método Ballantine, por el que se mide la profundidad de la impresión que se produce en un disco al que se le transmite la energía de un martillo que cae sobre un yunque que a su vez apoya sobre la muestra de ensayo; respecto a esta investigación, repetimos, es tanta su importancia, es tan grande su valor en la consecución de mejoras y perfeccio-

namientos factureros, que todo cuanto se encomie resultará poco. La relación de la dureza con las demás propiedades mecánicas, "*resistencia, elasticidad* y *fragilidad*"; la influencia decisiva en la práctica de los tratamientos térmicos, "temple, revenido, recocido, cementación" en todos los aceros y particularmente en los aceros especiales; la posibilidad de comprobar los defectos de homogeneidad de constitución de estructura, permitiendo con rapidez justificar esta circunstancia en todos los dientes de los engranajes trabajados mecánicamente en su tallado y cementados y templados, en las ojivas de los proyectiles perforantes, en las piezas de construcción de aparatos de aviación, etcétera; la relación de los valores de las cifras ρ y Δ en los modernos aceros de corte rápido, con lo que se puede lograr un máximum en las condiciones de corte de los útiles, etc., etc., todo viene a demostrar la imperiosa necesidad de adquirir y manejar en cuantos talleres de construcción y reparación de la fabricación mecánica y metálica existen para laborar con verdadero fundamento y con satisfactoria perfección la máquinas y aparatos de ensayo de la fragilidad de los tipos y capacidades que están en armonía con la magnitud de los trabajos que se ejecutan.

Y ya que ha quedado señalado el interés que ofrecen las relaciones entre las cifras ρ y Δ y el beneficio que supone su conocimiento en la perfección que siempre se ansía en la fabricación, algo hemos de decir, siquiera sea ligeramente, de la relación entre la *resistencia* mecánica máxima (límite de rotura R), la dureza Brinell (cifra Δ) y la dureza Shore (dureza del scleróscopo, cifra S) en los aceros sin tratar o tratados térmicamente; es decir, que es de interés sumo al constructor mecánico el conocimiento de: primero, la relación que existe entre las cifras de dureza de los aceros, determinadas por los métodos Brinell y Scleróscopo; segundo, la relación entre el límite de rotura a la tracción y la cifra de dureza Brinell; y tercero, la relación entre el límite de rotura a la tracción y la cifra de dureza Shore o del Scleróscopo. Se han llegado a hacer ensayos con más de trescientos tipos de aceros, cada uno de los cuales ha sido tratado de diferentes maneras; más de 3.900 muestras ensayadas de aceros ordinarios y especiales para determinar ecuaciones de relación importantísimas, llegándose a deducir gráficos y tablas de resultados numéricos de grande y verdadera aplicación práctica en los trabajos de construcciones metálicas y mecánicas. Los aceros ensayados fueron: aceros al carbono, aceros-níquel, aceros cromo-vanadio, aceros cromo-níquel con 3,5 por 100 de Ni y 1 por 100 de Cr, aceros cromo-níquel con 1,5 por 100 de níquel y 0,5 por 100 de Cr, aceros silicio o silicoaceros, aceros manganeso, aceros-tungsteno y otros aceros especiales.

Para comprender fácilmente el interés y la utilidad de los resultados de estos ensayos, exponemos a continuación las tablas de las ecuaciones de relación que el notable metalurgista Robert R. Abbott ha obtenido y que han de ofrecer mucha utilidad e interés.

TABLA I.—Ecuaciones de relación entre el límite de rotura y la cifra Brinell:

Acero ordinario	R = 0,73 B — 28
Idem níquel	R = 0,71 B — 32
Idem cromo-vanadio	R = 0,71 B — 29
Idem cromo-níquel de baja dosis	R = 0,68 B — 22
Idem cromo-níquel de alta dosis	R = 0,71 B — 33
Aceros agrupados todos en general	R = 0,70 B — 26

TABLA II.—Ecuaciones de relación entre el límite de rotura y la cifra Shore del scleróscopo:

Acero ordinario	R = 4,4 S — 28
Idem níquel	R = 3,5 S — 6
Idem cromo-vanadio	R = 4,2 S — 21
Idem cromo-níquel de baja dosis	R = 3,7 S — 1
Idem cromo-níquel de alta dosis	R = 3,7 S — 3
Todos los aceros agrupados en general.	R = 4,0 S — 15

TABLA III.—Ecuaciones de relación entre las cifras Brinell y Shore:

Acero ordinario	B = 5,6 S + 14
Idem níquel	B = 5,0 S + 48
Idem cromo-vanadio	B = 5,5 S + 27
Idem cromo-níquel de baja dosis	B = 5,4 S + 23
Idem cromo-níquel de alta dosis	B = 4,8 S + 58
Todos los aceros agrupados en general.	B = 5,5 S + 28

Claro está que las ecuaciones anteriores son de un gran valor; pero serían mucho más valiosas si en lugar de relacionar las cifras Brinell y Shore con el límite de rotura, se hubieran relacionado con el límite elástico, por ser la propiedad mecánica que en rigor usan los Ingenieros en sus cálculos de proyecto; pero hay que tener presente, dentro de la imposibilidad de relacionar el límite elástico con las cifras de dureza Brinell o Shore, que, en los aceros tratados térmicamente, el límite elástico se

acerca mucho al límite de rotura, particularmente en los aceros de alta resistencia tratados caloríficamente, tales como los que hoy se usan muy extensamente; el límite elástico está tan limitado entre valores tan conocidos, que, dado el acero y su límite de rotura, se tiene desde luego una cifra muy aproximada de su límite elástico.

* * *

Otros ensayos de comprobación de productos metálicos hemos de apuntar ligeramente, para los que existen máquinas singulares, como son: las máquinas de ensayar cadenas de 400.000 Kg. de capacidad y de accionamiento hidráulico; máquinas para ensayar, además de cadenas, material de puentes, y toda clase de varillas y alambres, y hasta cuerdas de cáñamo y otras materias con capacidades variables entre 50.000 y 500.000 Kg.; máquinas de ensayar áncoras de 175.000 Kg. de capacidad, para responder a las exigencias que la construcción naval impone a este material; máquinas de menor capacidad (25.000 Kg.), para ensayos de cadenas, cables metálicos y de cáñamo, material de puentes (perfilados y pernos), etcétera, y aun menores hasta de 1.000 kilogramos.

También merece especial mención la máquina de ensayar chapas metálicas y hojas-cintas metálicas de débil espesor hasta de 0,1 mm., muy a propósito para investigar la facultad de estampación de las chapas de hierro, acero, cobre, latón, plata-oro, aluminio, níquel-zinc, níquel-plata; máquina que está fundada en el método Erichsen, consecuencia de la ineficacia del ensayo a la tracción corriente, en hojas tan delgadas; y como, además, en las aplicaciones prácticas de las chapas de poco espesor interesa más la facultad de estamparse, estirarse y comprimirse, o sea una máxima capacidad de trabajo de deformación o deformabilidad, que pudiéramos decir, que la cifra en Kg. por mm.^{2} de esfuerzo a la rotura por tracción, el insigne Ingeniero metalúrgico noruego A. M. Erichsen ha inventado un método muy útil y muy práctico para ensayar hojas metálicas delgadas, extendido por los Estados Unidos de América, y que se va extendiendo por todos los países europeos. El fundamento del método consiste en someter la muestra al esfuerzo de estampación y del estirado, entre matrices, mientras un punzón, con el extremo redondeado (una semiesfera), que se acciona gradualmente bajo la influencia de un tornillo micrométrico, permite medir la profundidad de la impresión con apreciación de 0,1 de mm., hasta que se rompe la muestra. La profundidad de la impresión mecánica para obtener la rotura se puede leer directamente con el micrómetro, en cuyo caso se obtiene la cifra Erichsen de la hoja ensayada,

que es la que mide la facultad de trabajo o la estampación de la chapa. La gran tenacidad combinada con el mayor esfuerzo de tensión dará los mejores valores para los trabajos de la compresión y del estirado, que jamás son proporcionales al módulo efectivo de alargamiento ni al límite de rotura a la tracción; es decir, a A ni a R.

De necesidad son también los ensayos de los muelles de "trucks", automóviles y carruajes en general, y para ello existen máquinas de diferentes clases y capacidades, automáticas, de esfuerzos repetidos para muelles de diferentes formas y construcciones, ligeros y pesados, para comprobar la elasticidad por extensión o por compresión; máquinas que pueden denominarse universales para el ensayo de muelles de cualquier forma, máquinas de acción rápida. También se dispone actualmente de máquinas para ensayo de metales antifricción de transmisiones, que, a su vez, sirven para comprobar las propiedades lubricantes de los aceites.

GRUPO B.—Materiales de origen vegetal.

Se sabe que en el programa de trabajo que afecta a los servicios forestales de la Dirección General de Agricultura aparecen los puntos siguientes:

Augurar la información autoritativa sobre las características correspondientes a las propiedades físicas y mecánicas de las maderas especiales y productos que de ellas se derivan. Estudiar y desarrollar los principios fundamentales que tienden a dar desarrollo al tratamiento de las maderas para prolongar su vida de trabajo, para la obtención de productos de la fibra (pulpa, papel, plancha de fibra, etcétera), así como su uso en la fabricación del alcohol, de la trementina, resina, alquitrán y otros productos químicos.—Desarrollar medios prácticos para fomentar la aplicación de la madera.—Ofrecer una verdadera oficina de información sobre las propiedades y utilización de los productos forestales.—Cooperar con los grandes consumidores de maderas para mejorar los métodos de aplicación; formular condiciones facultativas y reglas para el comercio de maderas, materiales de ellas derivados y materiales para el preservativo de las mismas (creosota, cloruro de zinc y otros).

Interesa principalmente, en lo que a maderas se refiere:

a) determinar las características físicas; *b*) ídem las propiedades mecánicas; *c*) ídem las químicas; *d*) métodos de desecación artificial; *e*) estudiar los agentes destructores de las maderas; *f*) ídem los preser-

vativos; *g*) métodos de destilación; *h*) industrias de la pulpa y del papel; *i*) productos especiales para la construcción naval.

El programa general de ensayo para la determinación de las propiedades mecánicas de las maderas abarca varios conceptos; así, tenemos los ensayos de muestras libres de defectos, y entonces conviene determinar: *a*) datos de comparación de sus propiedades mecánicas; *b*) datos que demuestran la influencia sobre las propiedades mecánicas de las maderas, de factores tales como: localidad de producción; grueso y altura del tronco; estado de desecación; peso específico.

Las propiedades mecánicas que deben ser tomadas en consideración son: resistencia y elasticidad al esfuerzo de extensión; resistencia y elasticidad al esfuerzo de compresión (paralela y perpendicular a la fibra); resistencia a la flexión y al curvado de la madera; resistencia a la rotura por choque o por esfuerzo estático; dureza; resistencia al cizallamiento.

Los ensayos que deben interesar en los trabajos de investigación de las maderas duras son: ensayos de las propiedades físicas; ensayos a la compresión de cubos cortados de trozos a diferentes alturas del terreno, para deducir la influencia de esta altura en el valor de esa característica; ensayos de resistencia y elasticidad a la flexión de grandes y pequeñas vigas; ensayo de resistencia y de elasticidad a la compresión de columnas de grande y pequeña longitud; ensayo de resistencia al cizallamiento de troncos; ensayo a la compresión perpendicular a la fibra; ensayo de dureza; ensayo a la torsión; pruebas de rotura de vigas por choque; aptitud para el clavado.

La selección de especies, la preparación de muestras y los métodos de ensayo están perfectamente conocidos y estudiados, así como las conclusiones interesantes en lo que a ciertas y determinadas clases de maderas extranjeras se refiere. Se impone el fomento de estos ensayos y que se generalicen y difundan las enseñanzas para la práctica de su ejecución en las maderas españolas.

Para justificar esta aseveración basta con citar la importancia que han dado los americanos a los ensayos de dureza con la bola, o ensayos con el método Brinell. En el Congreso de Bruselas de la "Asociación Internacional para el Ensayo de los Materiales", en 1906, se resolvió que el método de ensayo con la bola Brinell, para los aceros, tenía que aplicarse en la investigación de la dureza de las maderas.

Existen, por último, otros métodos correspondientes a otros diversos ensayos de las maderas, tales como: los de resistencia al desgaste de los pisos y pavimentos de este material; comprobación de pesos y dimensiones, etcétera.

GRUPO C.—Materiales de origen pétreo.

Para los ensayos de materiales de construcción de origen pétreo, existe una variedad de ingeniosas máquinas, de las que las más principales son las siguientes:

La máquina de ensayar cemento desde 500 a 2.000 Kg. de capacidad, permitiendo el ensayo automático para la determinación del esfuerzo de rotura por tracción. Los de ensayo del cemento por aplastamiento, de 25.000 Klgs. de capacidad, para muestras de forma cúbica de 15 cm. de lado. Las máquinas de ensayo de pequeña potencia para ensayo de muestras de la forma y sección que puedan exigirse. Las máquinas de ensayo de flexión en muestras de cemento de 2,44 m. long., con sección cuadrada de 20,32 cm., en las que una escala graduada deja apreciar la fracción de ¼ de mm. en la medida de la flecha, etc., etc., disponiendo todas de una serie de accesorios (moldes, cabezas de amarre de las muestras para toda clase de ensayos, balanzas, tamices, paletas, bandejas, mazos, probetas, máquinas de hacer muestras, ensayadores de aguja, aparatos de medir la contracción, relojes de arena, arenas-tipo para confección de muestras de morteros, gravímetro "Le Chatelier", termómetros especiales para medir la temperatura de los cementos, volumómetros, aparatos de pulimentar muestras, microscopio), que deben formar los equipos de los laboratorios de los talleres de construcción donde se precian de emplear buenos cementos y buenos morteros.

El aparato para ensayar el volumen y peso específico del cemento y la porosidad y capacidad de absorción de los materiales de arcilla cocidos (ladrillos, tejas, etc.). La máquina de accionamiento hidráulico de 500.000 kilogramos de capacidad para pruebas de aplastamiento de blocs cúbicos de cemento y hormigones. La máquina de distintas capacidades hasta de 37.500 kilogramos para pruebas de aplastamiento de tubos de gres.

Constituyen punto preferente de atención en materia de ensayo el de los materiales de los caminos, andenes y vías públicas en general, para que éstos respondan a sus tres características: *a*) dureza: capacidad para resistir la acción abrasiva del tráfico y que permita, por tanto, impedir el desprendimiento de partículas por frotamiento; *b*) tenacidad (rigidez): resistencia a la rotura por choques o golpes de percusión que el tráfico pueda ocasionar; *c*) buena cementación.

Para determinar estas tres características esenciales al material de construcción y constitución de caminos (carreteras, calles y andenes), así como para la investigación de otras propiedades físicas, deben ha-

cerse ensayos de *dureza, tenacidad, resistencia al desgaste, cementación, peso específico* y *absorción.*

Para los ensayos de dureza existe un tipo de máquina de ensayo "Dorry", a la que se adapta la muestra, que es un cilindro de 25 mm. de diámetro que se corta de la roca cuya dureza se quiere determinar, con máquina de taladrar de diamantes para el corte, cuatro con filo exterior y cuatro con filo interior, con velocidad de rotación de 200 r. p. m., y se terminan las muestras previa segunda fase en máquina de sierra de disco de diamantes, en máquina especial de rectificar.

El fundamento de la máquina Dorry, para ensayos de dureza de materiales pétreos, consiste en colocar la muestra de ensayo perpendicularmente sostenida contra un disco de acero giratorio, y a una constante presión de 1.250 gramos, obrando de abrasivo, arena cuarzosa fina. Al final de 1.000 revoluciones a 28 r. p. m., se determina la pérdida en peso y se repite el ensayo con la muestra invertida. Compensada la pérdida de peso procedente de las dos operaciones, se obtiene la dureza de la roca como sigue: Dureza $= 20 - {}^1/_3$ P; en donde P es la pérdida en gramos por 1.000 revoluciones.

No hay que confundir el ensayo de dureza hecho en esta forma con el ensayo de abrasión o ensayo para determinar el poder abrasivo o poder mordiente; pero existe un tipo de máquina, la "Deval", que podría denominarse máquina universal para ensayos de dureza, tenacidad (resistencia a la rotura por el choque) y poder abrasivo.

Para el ensayo en esta máquina de cilindro giratorio a 30-33 r. p. m., se le hace girar 10.000, y sólo el $^0/_0$ de material gastado del que ha de pasar por malla de 0,16 cm., deberá ser considerado como material para la determinación que se investiga. El desgaste puede expresarse, o como un $^0/_0$ de los 5 kilogramos de la roca a ensayar, o por un coeficiente, que es lo que más se usa, obteniéndose así: coeficiente de desgaste $= 20 \times \frac{20}{W}$; en donde W es el peso en gramos del detritus de 0,16 cm. de tamaño por Kg. de roca empleada.

El ensayo llamado de cementación, que sirve para determinar el valor de un material por la propiedad de que goza, en mayor o menor grado, en virtud de lo cual el polvo de la roca o de otro material finamente dividido actúa como un cemento sobre los fragmentos o gravas en la carreteras y caminos. Este ensayo, que exige disponer, como todos los de esta clase, de materiales, de máquinas especiales para preparar las muestras de ensayo, que, en este caso de la cementación, tienen que ser briquetas convenientemente confeccionadas, se lleva a cabo en la máquina especial Riéhlé, de choque, en la que la muestra se coloca en un yunque sostenido por un émbolo con muelles; la leva levanta el

martillo de 1 Kg. de peso a una altura de 1 cm., y cae sobre la muestra; el movimiento de la excéntrica obliga a una varilla a que el cilindro avance 1/100 de una revolución, y al mismo tiempo, por transmisión de varillas, se registra el movimiento del émbolo en un cilindro-registrador con un estilete que marca un trazo vertical sobre el papel, llegándose a hacer hasta 60 percusiones por minuto. El número de golpes necesarios para destruir la resistencia de la muestra es la indicación del valor de cementación del material ensayado.

Otras varias máquinas y aparatos modernos más existen para otras experiencias y ensayos relativos a materiales para pavimentación que debieran ser muy conocidos de los productores y poder así responder a los pliegos de condiciones de las Direcciones de Obras públicas y de los particulares que se estiman de hacer obras a conciencia.

Aparte de los ensayos referentes a los materiales de construcción de los tres grupos que quedan indicados, innecesario es detallar; y sí sólo creemos pertinente apuntar la conveniencia y la necesidad de efectuar los ensayos de los materiales de consumo: carbones, aceites y lubrificantes, correas de transmisión, aguas de generadores de vapor, toda clase de combustibles líquidos y gaseosos, toda clase de preservativos de metales, maderas, cementos, derivados de éstos y cuantos productos precisa la Industria y la Construcción, y en los que su calidad influye notablemente en los resultados de su empleo.

En todo lo anterior hemos prescindido de lo referente a los ensayos que afectan a la industria eléctrica, porque, aparte de que su grande importancia es de todos estimada en su verdadera magnitud, esta magnitud, precisamente, es, por su valor, la que obliga a no considerarla en este trabajo, por constituir en sí un asunto de inmenso desarrollo muy bien tratado en libros y revistas, y que, por su naturaleza especial, recibe los honores de ser ya muy aplicado en la práctica.

No terminaremos la argumentación de este trabajo, antes de ofrecer las conclusiones, sin hacer notar con gusto, y con la satisfacción propia de buenos patriotas, que la actuación científica de España en la "Asociación Internacional para el Ensayo de los Materiales" llegó a tener, en el año 1919, la dignísima representación de 27 miembros. figurando en las listas de los que, hasta en número total de 2.160, concurrían de veintiséis países de Europa y América, que fueron, por orden alfabético: la Academia de Ingenieros del Ejército; el Capitán Angel-Patiño, del Laboratorio de Ingenieros militares; el Teniente Coronel Ballesteros Jimeno, Jefe de Estudios de la Academia de Ingenieros; el Sr. Bertrán, Arquitecto, Profesor de la Escuela de Arquitectura de Barcelona; el Sr. Camina, Ingeniero de las obras del Puerto de Bilbao; el Sr. Carderera y Ponzán, Ingeniero-Profesor de la Escuela

de Caminos; el Sr. Correal Ubeda, Farmacéutico militar; el Teniente Coronel de Ingenieros Sr. De la Llave; el Capitán La Llave, de Ingenieros; la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; el Capitán de Ingenieros Sr. Gallego-Ramos, Director de la "Construcción Moderna"; el Sr. Gallego Llausas, Arquitecto; el Sr. Gálvez-Cañero (A.), Ingeniero de Minas; el Sr. Gálvez-Cañero (J.), Ingeniero de Caminos; el Laboratorio de Ingenieros Militares para el Ensayo de los Materiales; el General Marvá, Jefe de la Sección de Ingenieros del ministerio de la Guerra; el Sr. Méndez de Vigo, Ingeniero de Caminos; el Teniente Coronel Sr. Mier y Muria, de Ingenieros, e Ingeniero Geógrafo; el Capitán Montoto, del Laboratorio de Ingenieros Militares; el Teniente Coronel Moreno y Gil de Borja, segundo Jefe del Laboratorio de Ensayo de los Materiales; el Museo y Biblioteca de Ingenieros Militares; el Sr. Oliver, Ingeniero de Caminos; el Parque de Aerostación de Ingenieros Militares; el Capitán Río Juan, del Laboratorio de Ingenieros; el Coronel de Ingenieros Sr. Rodríguez Mourelo; el Teniente Coronel De la Tejera, de Ingenieros; el Sr. Uriarte Zubimendi y Compañía, fabricantes de cemento de Zumaya.

Del mismo modo merece mencionarse la eficaz contribución que, de bastantes años acá, vienen aportando a los industriales españoles las brillantes labores realizadas en materia de ensayo en los laboratorios oficiales: de Ingenieros de Caminos, de Ingenieros Militares, Laboratorios del Taller de Precisión de Artillería, y Centro Electrotécnico de Ingenieros, con mención particular del Laboratorio Pardo, de la Escuela de Minas; del Laboratorio de Investigación de Metalografía, de esta misma Escuela; de los Laboratorios de la Escuela Central de Ingenieros Industriales; de los del Instituto Católico de Artes e Industrias y algunos más en los que, como los de la Fábrica Nacional de Trubia, armados de cuantiosos y valiosos elementos modernos de ensayo, además de responder cumplidamente a la difícil y exigente fabricación del material de artillería, prestan considerable apoyo a las exigencias de la Industria privada y constituyen un modelo de instalaciones. Todo esto es prueba justificativa de la existencia de base poderosa para llegar con rapidez al fin que nos proponemos, sirviendo de sumando a esta comprobación la escasez de la demanda de los auxilios que en materia de ensayo se ha recibido en los Centros indicados de los talleres de la Nación, acusando esta débil demanda la necesidad que hemos tratado de demostrar.

RESUMEN

Sintetizando, y concretando en sencilla expresión lo que, a nuestro juicio, constituye materia que tenemos el honor de ofrecer al Congreso en concepto de necesidades que la Industria nacional debe satisfacer urgentemente, aunque con la natural gradación y progresión de lo simple a lo complejo que toda marcha razonada y metódica pide para la consecución de sus beneficiosos fines, nos permitimos formular las siguientes

CONCLUSIONES

PRIMERA. Debe crearse la "Asociación Nacional para el Ensayo de los Materiales", al objeto de cumplir con los fines que ya quedaron indicados, y que, al conexionarse con la Internacional, coopere satisfactoriamente al fomento del ensayo, salvaguardia de los intereses y responsabilidades del productor y consumidor.

Esta Asociación, para cuya organización actualmente existen valiosos elementos, cuales son prestigiosos Ingenieros españoles y excelentes entidades científicas y financieras, ha de contribuir a que en las Escuelas todas de Ingeniería, oficiales y no oficiales, se orienten las enseñanzas técnicas y, en particular, las relativas al estudio de ensayo y de investigación de los materiales en sus tres conceptos químico, mecánico y microscópico, de un modo marcadamente práctico, dentro de un elevado rigor en el concepto teórico de los principios fundamentales sobre que aquella práctica se basa.

Deben los miembros de la Asociación intervenir, de la manera que se considere más adecuada, en el logro de esta aspiración, para lo cual nada mejor que hacer que todas las Escuelas técnicas de la Ingeniería sean parte integrante de aquélla; de este modo se establecería una íntima relación de labor y de trabajo, que, indudablemente, se acoplaría en paralelo para ofrecer un rendimiento altamente satisfactorio.

SEGUNDA. Fomentar en las Escuelas la especialidad de Ingeniero ensayador, en el sentido de que por tal debe entenderse, no solamente al Ingeniero químico, práctico en las manipulaciones de los análisis de investigación de componentes en su cualidad y en su cantidad, sino que ha de ser un profundo conocedor de todas las propiedades técnicas de los materiales, las físicas, las mecánicas, las tecnológicas, y poseer la práctica del ensayo de las mismas, particularmente las que se deducen del examen por el microscopio en muestras convenientemente preparadas; única manera de conseguir en todo Centro fabril una marcha per-

fecta, adecuada, económica y satisfactoria a las mayores exigencias, puesto que de la relación existente entre las diferentes propiedades y del conocimiento de ellas por el ensayo, ha de sacarse la eficacísima y útil consecuencia de hacer que en todos los talleres se trabaje siempre con conocimiento de causa, muy especialmente necesario en las industrias metalúrgicas y en las del automóvil, del avión y del material de ferrocarriles, puentes, motores y de guerra.

TERCERA. Difundir por todos los medios el conocimiento de la imperiosa necesidad de instalar en todos los talleres de la Industria de la Nación, de cualquier extensión que sean, máquinas y aparatos de ensayo de todos aquellos materiales de cuyas propiedades técnicas hay que responder y de los que someramente hemos dado cuenta, sabiendo que esas máquinas y aparatos son eminentemente industriales, de aplicación práctica y de manejo sencillísimo.

Para todas las factorías del hierro y de los metales, fomentar el microscopio, para los análisis micro, y macroscópico, y el uso de la Fotografía, para obtener los micro y macro-estructuras en forma gráfica.

¡Qué provechoso y altamente ventajoso es, en los establecimientos siderúrgicos y de construcción mecánica y metalúrgica, fichar, formar los cuadros de evolución por que pasaron los productos desde su origen, desde la muestra tomada del caldero de colada al colar en lingotes o moldes, hasta el estado en que definitivamente queda en la pieza que se aplicó! Análisis químico del acero original como título de denominación, seguido de las fotomicroestructuras y resultados de las pruebas mecánicas, correspondientes a las diferentes modalidades que como consecuencia de los diversos tratamientos caloríficos y mecánicos experimentó, forman su cuadro de datos, verdadero historial de todo lo que, perteneciéndole, permitan al Ingeniero aplicarlo con exactitud y acierto a plena satisfacción del comprador.

¡Cuánto se reduciría el número de accidentes, en automovilismo y aviación, en los caminos de hierro y en las construcciones navales, en las construcciones metálicas y en las máquinas-motores, si se ejecutaran esos cuadros-registros en las fábricas! Y aun en menor escala, por ejemplo, las piezas de amarre de los cables de los aeroplanos, piezas obtenidas por estampación, si se colocan en sus puestos de trabajo sin un examen microscópico y sin un ensayo de uniformidad de constitución valiéndose del scleróscopo o de la bola Brinell, que, al ofrecer las cifras de dureza de diferentes puntos de la pieza ensayada, acusa en seguida esa uniformidad o falta de ella, ¿cómo se puede responder de la seguridad de estas piezas, que son angulares, y en las que los cables, al ligarse a ellas, suelen no estar en la dirección de las caras o patillas de dichas piezas, sino formando ángulo, y están sometidas a muchos kilogramos

de esfuerzos, y particularmente a esfuerzos momentáneos de mucha consideración?

Han de coexistir, por lo tanto: *a*) los laboratorios oficiales, con su doble carácter de laboratorios de investigación científica y de trabajo práctico al servicio de quien lo demande; y *b*) los laboratorios puramente industriales propios y exclusivos de los Centros fabriles.

CUARTA. Aunque labor peculiar de la "Asociación Nacional para el Ensayo de los Materiales", nos permitimos, sin embargo, exponer, en esta cuarta de nuestras conclusiones, los temas de estudio más interesantes que han de ser objeto de su estudio:

Perfeccionamiento de los métodos de ensayo y determinación de los tipos de éstos para tender a la unificación.

Establecimiento de los tipos de pliegos de condiciones facultativas de los materiales que quedaron apuntados.

Influencia del tratamiento calorífico en las propiedades mecánicas de las aleaciones hierro-carbono.

Tipos de estructura de los aceros ordinarios y especiales para toda clase de aplicaciones.

Estudio sobre la influencia de los esfuerzos alternados en los ensayos mecánicos de los hierros y aceros.

Influencia de las causas de orden físico en las propiedades mecánicas de los hierros y aceros.

Influencia del proceso de maleabilización en las propiedades mecánicas de la fundición maleable.

Estudio sobre la fundición endurecida.

Efecto de la temperatura de calentamiento en la resistencia al aplastamiento de los aceros y hierros.

Estudio de la corrosión de hierros y aceros.

El bronce-manganeso y sus propiedades técnicas.

Cementación carburante.

Estudio de la temperatura de conclusión de los carriles.

Ensayos de hierros galvanizados.

Condiciones de arenas de moldeo para piezas de fundición, acero moldeado, latones y bronces.

El acero cupro-níquel.

Influencia del titano en la segregación de acero Bessemer para carriles.

Fundición propia para los bastidores y basamentos de dínamos y motores.

Aleaciones industriales (del cobre, estaño, zinc, aluminio, etcétera).

Todo el programa de materia de ensayo y medida en el campo de la electricidad.

Investigación de la conductividad calorífera de los morteros y hormigones, y efecto del calor, en sus propiedades de resistencia y límite elástico.

Efecto del aceite en el mortero de cemento.

Efecto del tiempo en las vigas de cemento armado.

Influencia de la firmeza de molienda en las propiedades físicas y mecánicas del cemento.

Estudio de la influencia de la capacidad absorbente de los ladrillos sobre la adhesión de los morteros.

Barnices, pinturas y capas preservativas de obras de cemento armado.

Efecto del silicato de sodio aplicado al hormigón.

Desintegración del cemento fresco de las superficies de los muros y pisos por efecto del humo y de los gases a baja temperatura.

Influencias que modifiquen las características de los cementos y hormigones.

Empleo sobre la utilización de las calizas magnesianas para la fabricación del cemento Portland artificial.

Métodos de ensayo de los materiales incombustibles.

Perfeccionamiento de los métodos de ensayo de los materiales lubricantes.

Estudio de la consistencia de los betunes semisólidos.

Perfeccionamiento de los ensayos de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

Barnices, pinturas y capas preservativas de materiales de orden vegetal y de origen pétreo.

Etcétera, etcétera.

* * *

En las conclusiones que quedan citadas no se ve aparecer la demanda de laboratorios públicos de ensayo para ofrecer los medios que puedan requerir productores y consumidores de materiales; esto obedece a que damos por hecho que ya existen, y que con ellos contamos para nuestro proyecto; los hemos citado; y aunque el ideal sería disponer en esta Corte, además de los laboratorios ya existentes y mencionados, de un *Laboratorio Nacional,* cuyo producto de organización sería objeto de estudio aparte y equipado con todos los mejores medios de trabajo, en el que se realizaran toda clase de ensayos, contrastaciones y medidas-tipo, con la cooperación para sus labores del personal técnico oficial procedente de todas las especialidades de la Ingeniería española, incluyéndose los Ingenieros militares y artilleros, laboratorio que, en esta forma de implantación y adaptado a las necesi-

dades del país, sería el *preceptor del trabajo nacional* al relacionarle con la "Asociación" y con los demás laboratorios oficiales y particulares, con lo que se lograría un "summum" en la aportación de beneficios para la Industria, sin embargo, nos daríamos por satisfechos que, al admitir como evidentes las antedichas conclusiones y considerando ser labor patriótica la completa y feliz realización de la esencia de precepto que encierran, no se hiciera esperar el día dichoso en que se vea a los talleres todos de la Industria nacional acudir a los laboratorios oficiales, para recibir los informes y consejos que les suministre el idóneo personal de los mismos, con verdadero entusiasmo y con grande fe, a la par que los dichos talleres se pertrechen de los elementos que integren los suyos propios, a cuyas investigaciones, en los principios fundamentales y en los métodos de trabajo, han de contribuir intensamente, aportando enseñanzas, los trabajos de la "Asociación Nacional para el Ensayo de los Materiales" por medio de Congresos frecuentes, sesiones de sus diferentes Comités, más frecuentes aún, y publicaciones de toda clase que para difundir la substancia de materia tan interesante ha de ocupar lugar preferente en todas las oficinas de dirección de los Centros fabriles de España.

Nada nuevo os he comunicado en este escrito: todo, todos lo sabéis, los Centros técnicos de ensayo ya citados, los antiguos y los nuevos, han venido trabajando y queriendo trabajar en pro de la realización de las ideas aquí expuestas; pero con esta llamada de recuerdo y de exposición de lo que tan al detalle conocéis, nos hemos propuesto robustecer, consolidar, afianzar y desarrollar cuanto se relaciona con el *ensayo*, factor de alta categoría en la manufactura y mecanofactura nacionales, y que ya que estamos en medio de un ambiente de fiebre evolutiva, aspiremos a nuestra independencia nacional económicoindustrial, entre otras cosas, con la decidida y franca introducción de estos procedimientos, que han de contribuir al mayor éxito, que muy de corazón deseamos conceda Dios, a la vida de trabajo de nuestra amadísima Patria."

Finalmente, son aprobadas las conclusiones sobre "Pastas cerámicas", presentadas por los Sres. Ibáñez, López Vargas, Oliveras y Carretero, que se insertarán al final de los trabajos de esta Sección, y se levanta la sesión a las trece y treinta de la mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 21 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las once y cuarenta y cinco de la mañana.

Se leen las conclusiones que sobre "Instalaciones frigoríficas" presenta el Sr. Bastos, y puesta sólo a discusión la última por estar aprobadas las anteriores. Queda aprobada la totalidad de ellas.

El Sr. PRESIDENTE da cuenta de que no se da lectura a la Memoria sobre "Ensayo de tierras para terraplenes" porque el interesado desea leerla personalmente y llegaba hoy a Madrid.

El Sr. DEL CAMPO (D. Angel) lee su trabajo, cuyo contenido es el siguiente:

"LA REPRESION DE FRAUDES EN ESPAÑA

Por D. ANGEL DEL CAMPO, *Catedrático de Análisis química en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central.*

La circunstancia, por tantos conceptos feliz, de haberse reunido en este Congreso elementos técnicos de la mayor valía y de las más variadas procedencias, ha impulsado al que suscribe a plantear ante ellos un problema que, cual el de "La represión de fraudes", por ser del más alto interés nacional, sólo puede ser resuelto con el concurso de todos.

Ya en 1919, en una Memoria que, como consecuencia de un viaje de información acerca de este asunto por el Extranjero, hubo de redactar el autor de estas líneas, elevó a los Poderes públicos conclusiones análogas a las que ahora, con la esperanza de verlas avaloradas por el apoyo de este Congreso, se atreve a reproducir.

Hace ya mucho tiempo que, en diversos países, se han dado cuenta de que la Sociedad en general y la Industria honrada en particular, están cada día más necesitadas de una protección mayor contra el fraude, que se comete, cada vez también, con más perfección, más extensión y más intensidad, mixtificando el nombre, el origen, o la composición de ciertas mercancías, y atentando contra el peculio de los ciudadanos, contra su salud, o contra ambas cosas.

Al progreso en el fraude, se ha respondido, naturalmente, con el progreso en su represión, y a este fin, y no obstante la existencia, desde antiguo, en casi todas las grandes poblaciones del Mundo, de servicios municipales, dotados de personal técnico, digno por su celo y competencia de los mayores respetos, ha sido preciso crear organismos nuevos, que substituyendo la labor, forzosamente inconexa de los antiguos, por una organización extendida por todo el país, aúne los esfuerzos, y localizándolos, no según los núcleos de población, sino según los centros productores, o según las regiones donde circunstancialmente puedan ser más eficaces, rinda, con el menor gasto, los mejores resultados. Como un ejemplo de esta evolución habida en los modos de defender tantos y tan sagrados intereses, puede ponerse lo sucedido en Francia, donde, según las leyes de 1791 y 1884, estaba encomendada exclusivamente a los alcaldes la vigilancia de la pureza en los alimentos y el castigo de las infracciones legales, desde este punto de vista; a pesar de esto, y sin destruir el régimen anterior, se promulgó en 1 de agosto de 1905 una nueva ley, según la que se creó el *Servicio nacional de la represión de fraudes,* dependiente del ministerio de Agricultura, cuya organización, verdaderamente admirable y totalmente exenta de ingerencias políticas o de otro orden, fué encomendada a un Comité exclusivamente técnico (1), en el que figuraban los nombres más ilustres de la Sorbona, Colegio de Francia, Instituto Agronómico Nacional, Escuelas y Laboratorios Industriales, etc., etc., y a cuya organización corresponde la sanción de los delitos por fraude a cargo de la autoridad judicial.

¡Lástima que, en nuestro país, todo el progreso realizado en tal materia, y en estos últimos tiempos, quede reducido al Real decreto que, con fecha 22 de diciembre de 1908, fué dictado por el ministerio de la Gobernación, en el que se ordena el establecimiento de laboratorios municipales en todas las capitales de provincia y municipios con más de 10.000 habitantes, sin más relación entre sí, claro es, que la común dependencia de dicho ministerio y con sujeción además al artículo 4.° del citado Real decreto, que copiado a la letra, y sin comentario alguno, dice así:

"ARTÍCULO 4.° Los laboratorios deberán admitir sus informes claros y concretos en un espacio de tiempo que no excederá de ocho días, a partir de la fecha de recepción de muestras. Estos informes *serán elevados a los alcaldes para que por estas autoridades se proceda como corresponda en cada uno de ellos.*"

Aun cuando no es necesario enumerar las ventajas de lo que pudiera llamarse nuevo régimen de represión de fraudes sobre el antiguo, por-

(1) Decretos de 15 de noviembre y diciembre de 1905.

que seguramente están en el ánimo de todos, conviene, sin embargo, insistir sobre las más importantes:

1.ª El régimen moderno, que supone una organización nacional, puede buscar y perseguir el fraude allí donde se cometa; el régimen municipal antiguo, aislado y limitado, carece de jurisdicción y eficacia fuera de su respectiva demarcación.

2.ª El depender tal organización de un ministerio comparable al de Fomento en España y hallarse encomendado a los técnicos de más valía de la Nación, aleja por completo todo peligro de ingerencia política, o de otro orden, que pudiera desviar el servicio de su verdadera finalidad; efecto que se completa al suprimir la interposición de los municipios entre los técnicos y las autoridades judiciales.

3.ª Un servicio nacional puede establecer, como acontece en los países que lo tienen implantado, un organismo central donde se hallen reunidos aquellos elementos técnicos antes aludidos, y desde el cual puedan efectuar la siguiente importantísima labor: definir exactamente las condiciones de pureza que deban reunir los más importantes productos del país; velar por el progreso de los métodos de todo orden, encaminados a descubrir los fraudes; investigar y estudiar en la resolución de problemas antes no previstos; unificar los procedimientos analíticos; efectuar la inspección general del servicio en todo lugar y momento; y, finalmente, preparar la solución a problemas internacionales de enorme transcendencia que, relacionados con estos asuntos, pueden plantearse.

Porque conviene advertir que estas cuestiones presentan a las veces caracteres de una importancia tal, que se convierten en argumentos y motivos capaces de influir en las relaciones comerciales entre los pueblos, como lo prueban las siguientes consideraciones que, a guisa de ejemplos, y entre otros casos que podrían mencionarse, figuran a continuación:

A) En los dos Congresos que la Asociación Internacional de la Cruz Blanca, para la represión de fraudes, ha celebrado en Ginebra y en París, el último en 1910, se adoptó, con la aquiescencia explícita y oficial de numerosos Estados europeos, el siguiente acuerdo, cuya gran transcendencia no es preciso encarecer:

"Cuando un país ha definido uno de los productos de su suelo o de su industria, y establecido los reglamentos para proteger dicho producto contra la imitación fraudulenta que pudiera ser hecha por sus ciudadanos, los demás países deberán conceder a este producto, en su territorio, una protección idéntica." (Proposición *Mandeix,* en el Congreso de Ginebra.)

B) La entrada de los vinos españoles, andaluces, en Francia, y en

particular los de Jerez, ha estado dificultada o prohibida durante mucho tiempo por diversas causas; los unos, a pretexto de poseer más de los 2 gramos de sulfato potásico por litro que, como límite máximo, impone la legislación sanitaria francesa; los otros, por poseer relaciones enológicas, como las que se conocen con los nombres de índices de *Roos* (relación del alcohol al extracto), *Halphen* (relación de la acidez fija al grado alcohólico), etc., etc., de las que se utilizan para enjuiciar acerca de la pureza de un vino, cuyos valores se hallan totalmente fuera de los límites marcados por el servicio francés de represión de fraudes, con arreglo al estudio hecho en los vinos de su país; todos, en fin, por ser considerados como vinos adulterados o artificiales.

Y se ha dado el caso, bien triste por cierto, de que mientras nuestros más renombrados vinos eran detenidos en la frontera francesa por la razón explícita de ser, según aquellas autoridades, vinos enyesados, encabezados o aguados, nuestros embajadores (algunas de cuyas reclamaciones tuvo ocasión de leer el que suscribe) no pudieron oponer ningún argumento técnico serio a la enorme documentación científica con que los Gobiernos de la vecina República justificaban determinadas actitudes comerciales. Pero esto sucedía porque en España, no obstante los meritísimos trabajos de diversas entidades aisladas, no existía un organismo nacional de tan sólida cimentación, como es la "Represión de fraudes" francesa, que hubiera establecido la definición de nuestros productos naturales; porque de haber existido tal organismo, hubieran podido nuestros representantes defender los intereses nacionales de otra manera; porque entonces no hubiera sido necesario que un ilustre enologista francés, M. Blarez, profesor de Química en la Universidad de Burdeos, viniera a España y a Andalucía a presenciar por sí mismo la fabricación de los vinos y a obtenerlos él en persona para estar seguro de su pureza, y los analizara después, para que se hubiera podido decir lo que el mencionado químico dijera más tarde (1) en una revista técnica donde publicara el resultado de sus estudios; y es, a saber: que aquellos vinos de Jerez necesitaban, en efecto, en muchas ocasiones, un enyesado superior al de otros a causa de una rápida y extraordinaria disminución de acidez, que los exponía a defectuosas fermentaciones; que aquellos otros que parecían adicionados de alcohol, aguados o artificiales eran en efecto muy diferentes de los vinos franceses, pero eran productos naturales, en los que, ni por lo más remoto, había que sospechar fraude alguno.

* * *

(1) *Annales de Chimie Analytique*. 1912. Págs. 41-47.

Cuanto queda expuesto, aunque a la ligera, da suficiente idea de lo que es actualmente un servicio de "Represión de fraudes" bien organizado, del gran interés que encierra para un país y de la multiplicidad y transcendencia de los problemas en que le toca entender.

Ha quedado también patente el notorio atraso en que nos hallamos con relación a otros países, en este punto concreto; y la historia referida de los vinos españoles, en la que no se sabe qué aspecto hiere más nuestros sentimientos, si en lo que supone de perjuicios sufridos en nuestros intereses materiales o en lo que tiene de molesto para nuestra dignidad profesional, estimula en nuestro ánimo el deseo vehemente de hacer cuanto sea posible para que el caso no pueda repetirse.

Nuestra conveniencia nacional, nuestro interés patrio, exige que todos los intelectuales en este Congreso reunidos aunemos nuestros esfuerzos para evitarlo; y el modo más eficaz de conseguirlo es, a juicio del que suscribe, pedir al Congreso de Ingeniería que, a su vez, eleve a los Poderes públicos la siguiente

MOCION

Es necesario que se establezca en España, dependiendo del ministerio de Fomento, una organización nacional para la represión de los fraudes en el nombre, el origen o la naturaleza de los productos químicos y agrícolas en general destinados a la venta, y muy particularmente de las bebidas y substancias destinadas a la alimentación del hombre y de los animales, o a intensificar la producción vegetal.

La organización de este servicio, así como el estudio de las modificaciones o innovaciones que a tal respecto deban introducirse en la legislación española, se encomendará a una Comisión técnica en que tengan la debida intervención o representación las Escuelas, Facultades científicas y personas que posean en el asunto especial interés o competencia."

El Sr. PRESIDENTE, después de aprobarse las conclusiones del trabajo que antecede, expone, en nombre de la Mesa, que considerando dicho trabajo también de gran interés para la Sección de Agricultura, si así se acuerda, se remitirá a dicha Sección, asintiendo los concurrentes a dicho deseo.

Se levanta la sesión a las doce y quince de la mañana.

Cuanto queda expuesto, aunque a la ligera, da suficiente idea de lo que es actualmente un servicio de "Represión de fraudes" bien organizado, del gran interés que encierra para un país y de la multiplicidad y transcendencia de los problemas en que le toca entender.

Ha quedado también patente el notorio atraso en que nos hallamos con relación a otros países, en este punto concreto; y la historia referida de los vinos españoles, en la que no se sabe qué aspecto hiere más nuestros sentimientos, si en lo que supone de perjuicios sufridos en nuestros intereses materiales o en lo que tiene de molesto para nuestra dignidad profesional, estimula en nuestro ánimo el deseo vehemente de hacer cuanto sea posible para que el caso no pueda repetirse.

Nuestra conveniencia nacional, nuestro interés patrio, exige que todos los intelectuales en este Congreso reunidos aunemos nuestros esfuerzos para evitarlo; y el modo más eficaz de conseguirlo es, a juicio del que suscribe, pedir al Congreso de Ingeniería que, a su vez, eleve a los Poderes públicos la siguiente

MOCION

"Es necesario que se establezca en España, dependiendo del ministerio de Fomento, una organización nacional para la represión de los fraudes en el nombre, el origen o la naturaleza de los productos químicos y agrícolas en general destinados a la venta, y muy particularmente de las bebidas y substancias destinadas a la alimentación del hombre y de los animales, o a intensificar la producción vegetal.

La organización de este servicio, así como el estudio de las modificaciones o innovaciones que a tal respecto deban introducirse en la legislación española, se encomendará a una Comisión técnica en que tengan la debida intervención o representación las Escuelas, Facultades científicas y personas que posean en el asunto especial interés o competencia."

El Sr. PRESIDENTE, después de aprobarse las conclusiones del trabajo que antecede, expone, en nombre de la Mesa, que considerando dicho trabajo también de gran interés para la Sección de Agricultura, si así se acuerda, se remitirá a dicha Sección, asintiendo los concurrentes a dicho deseo.

Se levanta la sesión a las doce y quince de la mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 22 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las once de la mañana.

El Sr. MORA lee la Memoria que sigue, de la que es autor:

"DESTILACION DE MINERALES CARBONOSOS EN ESPAÑA.—ACEITES QUE PUEDEN PRODUCIR

Por D. ANTONIO MORA, *Ingeniero*.

Los largos años que vengo dedicándome a los estudios de destilación de los minerales carbonosos de nuestro país me han decidido a presentar a este Congreso Nacional de Ingeniería las ligeras notas que acompaño, donde me propongo dar a conocer algunos datos de experiencia profesional y la relación que se deduce entre mi propia documentación y las análogas instalaciones que funcionan en otros países de Europa.

Bien sé yo que nos encontramos en un momento crítico a este particular, por cuanto se pretende sacar partido a explotaciones mineras de carbones modernos que difícilmente podrán tener otra aplicación cuando se llegue a la normalidad en el mercado mundial de estos combustibles, aun cuando soy de los que reconocen que aquélla vendrá en normas muy distintas a las que regían en época anterior a la guerra.

Tampoco desconozco las tentativas que están llevándose a cabo, unas con éxito, y otras con dificultades tales, que hacen abandonar semejantes propósitos a sus entusiastas iniciadores, con el empleo de pizarras carbonosas, areniscas bituminosas, margas disodílicas, etcétera; pero como el deseo de conseguir aceites minerales de producción nacional encierra un interés tan extraordinario, el problema sigue en pie, y las tentativas se reproducen, creemos que es deber de compañerismo el aportar algunos materiales a esta orientación, señalando los peligros del fracaso y alentando a los principiantes en este orden de investigaciones, para que les guíe siempre el trabajo lógico, la cimentación de los principios básicos del proceso destructivo de la destilación seca:

teniendo siempre en cuenta, sin embargo, que la generalización sólo es aceptable hasta un cierto límite, y que, después, únicamente el conocimiento, muy especial, de cada mineral carbonoso, puede conducir a la resolución del problema. Si tales advertencias pueden ser de alguna utilidad, será para el que suscribe toda la satisfacción que ambiciona en estos momentos, presentando el trabajo adjunto al primer Congreso Nacional de Ingeniería.

* * *

Antes de entrar en materia, he de permitirme hacer hincapié en la extraordinaria influencia que la práctica de la destilación de los materiales de referencia puede ejercer en la economía del país; y para ello es preciso reconocer la enorme importancia de los combustibles líquidos en los tiempos actuales y la falta absoluta de éstos en toda España y en sus territorios coloniales; pues aun cuando existen terrenos en España con marcados indicios petrolíferos, no se han hecho trabajos de consideración que permitan asegurar, ni nuestra potencia productiva a este particular, ni el que nos hallamos huérfanos de tan imprescindible elemento, hoy ya de primera necesidad.

Fuera ocioso el recordar en esta ocasión el porvenir que está reservado al Automovilismo, a la Aviación, a los tractores y demás maquinaria de uso agrícola, sin olvidar la irrigación de los campos, sirviéndose de motores a explosión y de combustión interna, la aplicación de estos últimos al arte de la pesca, a la navegación de cabotaje y de altura, al servicio y vigilancia de puertos, a la grande y pequeña industria, a las instalaciones de reserva en las importantes centrales eléctricas y otros muchísimos usos más. Citaríamos tantos y tantos hechos que prueban la importancia que tiene el combustible líquido, en la potencialidad y en la independencia económica de la Nación, donde también es aquél elemento de guerra, que todos los esfuerzos dirigidos a procurarnos aceites minerales arrancados a nuestro suelo, más o menos directamente, han de recibir el unánime apoyo de todo aquel que ame a su patria y la desee grande y próspera, disponiendo de cuantos elementos caracterizan a los pueblos ricos. Por ello, estas iniciativas han de ser integrantes del amplio proyecto de reconstitución nacional, y habrán de recibir, seguramente, el más fervoroso aplauso de las altas personalidades que rigen los destinos del País y de la opinión toda, aun de la más profana en los asuntos de Ingeniería.

* * *

El tema que me propongo exponer a la consideración de todos ustedes requiere un espacio mucho mayor del que se reserva en este Congreso a cada uno de los temas presentados. Comprende tal amplitud y existen tal número de variantes en el problema a estudiar, que, sin duda alguna, encierra materia en una sola sesión a todo el auditorio que en este momento me honra. Por esta razón, sólo he de permitirme sentar un plan e indicar orientaciones sucesivas, quedando a disposición de aquellos de mis compañeros que interesen una mayor ampliación en los puntos que ligeramente vamos a tratar.

La marcha lógica que deberíamos seguir es la siguiente:

1.º Estudio de la destilación seca: Sus principios fundamentales; destilación ideal:

Procedimientos industriales que de estos últimos se deducen: Destilación a altas y bajas temperaturas; sistemas diversos.

2.º Estudio de la naturaleza de los productos destilables en España:

Hullas, lignitos, turbas, pizarras carbonosas, margas disodilidas, areniscas bituminosas o petrolíferas.

Tipos de estos minerales en nuestro país que son susceptibles de someterse con ventaja a este tratamiento.

3.º Del proceso de la destilación y condensación subsiguiente:

Material destilatorio: Retortas. Condiciones que deben reunir en cada caso particular.

4.º Tratamiento de los "crude-oils" resultantes. Depuración y refino de los aceites. Fabricaciones generales de los aceites combustibles. Fabricaciones especiales de aceites de engrase, parafinas, creosotas, etcétera, características de todos estos derivados.

5.º Aplicación de estos productos: Sus mercados peculiares:

Relación de sus condiciones comparativamente con los de importación extranjera.

Ahora bien: dada la considerable extensión de todos estos temas, considero, como labor mía en esta ocasión, el circunscribirme a lo que haya de personal y característico a nuestro país. Los conocimientos restantes pueden adquirirse en obras especiales, revistas, patentes diversas y en la visita a las destilerías de pizarras carbonosas de Escocia, de origen devoniano, a las de lignitos de la cuenca de Sajonia-Turingia, las pizarras del Autun y Bavelon (Francia), las calizas liásicas de Reuhisgen (Stutgart), etcétera, que no dejan de ser altamente recomendables para el mejor estudio del problema que nos ocupa.

* * *

Hay en el fenómeno de la destilación pirogenada de materias carbonosas tal número de concausas determinantes del resultado obtenido, que no son de extrañar las grandes variaciones obtenidas.

La influencia de los tres factores que pudiéramos llamar esenciales —temperatura máxima, duración de la destilación e inmediata eliminación de los productos volátiles que en aquélla se producen—es decisiva, y todos los procedimientos preconizados por sus autores respectivos se funda en la actuación más o menos intensa, que puede llegar hasta el límite de estas variantes, que, por otra parte, nunca pueden dejar de existir.

Es principio axiomático de la destilación seca que la obtención de los rendimientos máximos en productos volátiles de condensación sólo se consigue evitando en lo posible la transformación de los elementos originarios de la materia volátil en el último límite, o sean los productos incondensables o gaseosos; y para ello se precisa:

1.º Que la temperatura máxima se halle aún muy lejos de la destructiva de los últimos elementos de condensación.

2.º Que la separación del producto volátil tenga lugar en el menor tiempo posible, para evitar acciones secundarias en el seno de la retorta.

3.º Que los productos volátiles sean arrastrados al momento de producirse, evitándose así, y en lo posible, la continuación del proceso de pirogenación.

No son de extrañar, por consecuencia, las diversas agrupaciones moleculares de los referidos productos de condensación, que partiendo de la serie grasa $C_nH_2 + 2$, siguen a la etilénica C_nH_{2n}, y terminan en la aromática $C_nH_{2n} - 6$, con los núcleos cada vez más ricos en carbono, naftalina, phenantreno y cryseno.

* * *

Para determinar el máximo de productos de condensación procedentes de un mineral carbonoso determinado, se me ha sugerido la idea de ir calentándolo muy lentamente, anotando, mediante un pirómetro eléctrico, las temperaturas respectivas, que han permanecido estacionarias hasta que dejaban de desprenderse productos de condensación. He operado minuciosamente con los lignitos de formación miocénica procedentes de la cuenca del Ebro, y los resultados de la que así pudiéramos llamar destilación "ideal" han sido realmente extraordinarios, como puede verse por la siguiente nota:

Destilación ordinaria: Alquitranes, 5,10 por 100.

Destilación a baja temperatura: Alquitranes, 14,25 por 100.

Destilación ideal: Alquitranes, 32,30 por 100.

Materias volátiles total al rojo, 52,04 por 100.

El coeficiente $1{,}621 = \dfrac{62{,}04}{23{,}20}$ nos indica el máximo de rendimiento en alquitranes que, con aquel material carbonoso, podrían obtenerse.

* * *

Una destilación seca conducida con arreglo a este plan, o cuanto más a él se aproxime, no puede darnos los aceites corrientes; es decir, los producidos por el mismo material carbonoso en el procedimiento ordinario de alta temperatura.

Yo había observado, ensayando el procedimiento "Procces del Monte" y el de la "Tarless Ful, Limited", de Battersea, titulado "Lower-Temperature Carbonisation under Vahum", que los destilados obtenidos presentaban una composición mucho más compleja que la correspondiente normalmente a aquéllos, donde sólo el aceite o mezcla de hidrocarburos diversos de una o varias series, con una cierta proporción de asfalto y carbón libre, son los elementos constituyentes.

Presentan los alquitranes o "crude-oils" producidos en aquéllas la composición siguiente:

Aceites volátiles llevando en disolución los hidrocarburos sólidos de la serie parafínica, asfaltos, carbón libre y una serie de productos intermedios que, según he podido reconocer especialmente en mis trabajos sobre lignitos cretáceos nacionales, tienen el carácter de betunes, con un índice de saponificación inferior al de las colofonias, y que he podido clasificar por su distinta solubilidad en la bencina de petróleo, y en una mezcla de éter alcohol 1 : 2, aplicando en este caso las prescripciones de Holde, de la Escuela de Altos Estudios Técnicos, de Berlín.

En este sentido, hemos de admitir en todo "crude-oil" obtenido por el procedimiento destilatorio a baja temperatura la presencia de tales betunes, cuya proporción en el destilado aumenta, no sólo a medida que la temperatura elegida en el proceso destructivo es tanto más baja, sino también por el contenido de oxígeno en el material carbonoso, ya que este elemento, así como el azufre, puede observarse cómo viene concentrado en los referidos cuerpos intermediarios o betunes.

De aquí la especial naturaleza de todos estos condensados, siempre de aspecto semipastoso, con altas dosis de parafina y betunes, acompañados de aceites diversos y carbón libre, cuya condición determina forzosamente un tratamiento especial. De no seguirlo, se obtiene una notable proporción de productos asfálticos o pérdida en la destilación;

pues que la mayoría de los betunes se transforman en aquéllos y en carbón libre.

Esta complejidad en la composición de los alquitranes es verdadero escollo en el refino de tales mezclas de hidrocarburos. Por esta razón, debe presidir a las manipulaciones de depuración un profundo estudio de la naturaleza de éstas, y así conseguiremos un rendimiento máximo de hidrocarburos líquidos y parafina al mayor grado de pureza compatible con la técnica industrial.

* * *

También he podido reconocer las relaciones que lógicamente deben existir entre la naturaleza del mineral carbonoso que se destila y las condiciones del alquitrán a "crude-oil".

Las pizarras carbonosas de Ribesalbes (Castellón) dan origen a mezclas de hidrocarburos, en los que no existe el grupo de los fenoles ni homólogos. Análogos resultados he comprobado en las pizarras de Rubielos de Mora, en Teruel, en las areniscas bituminosas de Peñacerrada (Avila), en las de Robredo Ahedo (Santander), en las rocas asfálticas de Soria, los esquistos carbonosos de Garay (Vizcaya), las margas disodílicas de Bagá (Barcelona), las pizarras de Boó (Santander), etc., etc.; es decir, en todos los minerales cuya materia orgánica debe estar formada a expensas de los materiales grasos o tejidos excesivamente adiposos procedentes de una gran fauna marina (de peces, moluscos, y especialmente foraminíferos), según la muy probable hipótesis de Hoefer-Engler o la de Marcusson; es decir, por polimerisación de aquellos hidrocarburos ligeros, o por desdoblamiento de los más densos, o de temperatura de ebullición más elevada.

Contrariamente a estos resultados, y cuando me he ocupado de la destilación de lignitos de Berga (Barcelona), de origen cretáceo todos ellos; de los explotados en Mequinenza (cuenca del Ebro), de origen miocénico; de Salinas de Oro (Pamplona), los eocénicos de Puig-puñet (Mallorca), Rillo y Palomar (Teruel), etcétera, donde puede asegurarse la preexistencia de la celulosa, elemento oxigenado, he reconocido siempre la presencia de los fenoles y cuerpos homólogos.

Estos mismos elementos ácidos los he hallado siempre en la destilación de las margas y pizarras carbonosas intercaladas entre las capas de carbón y a dosis medias de un 10 a 20 por 100 (Puertollano). En los esquistos de Benimarfull (Alicante), de formación eocénica, constituídos, sin duda, como puede deducirse, por otros varios razonamientos que no son de este lugar, de una formación de algas con importantes cantidades de cera, de acuerdo con la opinión de Kraemer y Spil-

ker, que suponen ser éste otro de los orígenes del petróleo, también he reconocido el fenol en cantidades muy considerables.

* * *

Los aceites procedentes de la destilación de los referidos minerales que se encuentran en España, tienen el contenido normal de azufre, salvo algunas excepciones. Por esta razón, tales aceites resultan muy inferiores a los de origen del petróleo, y muy especialmente, si, como ocurre en este país, este producto procede de las cuencas de Pennsylvania, que es el más pobre en aquel elemento de cuantos viene explotando la economía mundial.

Existen, sin embargo, en determinadas cuencas lignitíferas nacionales de formación lacustre miocénica (Aragón y Cataluña), combustible que, por destilación, produce aceites hasta del 9,50 y 10,15 por 100 de azufre; lo que hace suponer un especial origen de este elemento. Es bien conocido el hecho de que el azufre y el hierro de la materia orgánica reacciona en períodos consecutivos a la descomposición del vegetal formando el sulfuro de hierro (dentritas y arborisaciones doradas). En el caso que nos ocupa, las aguas selenitosas (yeso terciario) son intervenidas por las algas sulfurarias y thiógenas, que determinaron la libertad del azufre por descomposición del gas sulfhídrico que dejan aquéllas en libertad, dada su reacción con los elementos carbonosos. Es, seguramente, análogo este origen al del azufre que se explota actualmente en Libros y Hellín, donde aparecen también fósiles "Planorbis sulfureus", "Lymneas", etcétera, rellenos de aquel elemento.

En las pizaras eocénicas de Benimarfull (Alicante), también aparece el azufre a altas dosis, como he tenido ocasión de comprobar en repetidos análisis.

En las formaciones de minerales carbonosos procedentes de faunas marinas de formación pantanosa, como ocurre en Ribesalbes, suele aparecer el azufre a dosis elevadas. Pizarras de esta localidad contienen un 3 por 100, próximamente, y producen por destilación hidrocarburos del grupo graso o alifático, junto con otros del aromático o cíclico. En estas condiciones, puede reconocerse la presencia de los sulfoconjugados correspondientes, entre los que entresalen el ácido benzosulfónico y el fenilsulfónico. Estos compuestos, desgraciadamente, reaccionan sobre las bases pirídicas, dando origen a combinaciones de difícil eliminación, y que imprimen al condensado un olor persistente y desagradabilísimo.

* * *

Podrá preguntárseme si poseo algunos datos sobre los modernos procedimientos de destilación a baja temperatura aplicados a los lignitos de nuestro país. A este particular puedo contestar lo que sigue:

En mis trabajos sobre los de origen cretáceo, he comenzado inspirándome en un método de razonamiento lógico para conocer cuál debía ser la mejor temperatura, aspiración en la retorta, cantidad de vapor introducido en aquélla y duración de la destilación o capacidad de la retorta. He ido constituyendo grupos de experiencias en las que, considerando variable, entre extensos límites, uno de aquellos factores, permanecían fijos los restantes.

De esta manera he podido reconocer como mejor temperatura máxima la de 500° C. próximamente y con la depresión de 200 mm., que pude conseguir con un aspirador Root, durando la destilación unas tres horas, y consiguiendo los resultados siguientes, como más favorables:

Cantidad total de "crude-oil", 9,90 por 100 = de aspecto semipastoso, ligeramente amarillo-rojizo, pero que prontamente se obscurece por la acción de la luz.

Sus características fueron las siguientes:

Densidad a 15° C.	1,0585
Temperatura de fusión	23° C.
Betunes blandos	0,87 por 100.
Betunes duros	25,16 —
Aceites	72,23 —
Carbón libre	1,51 —

Sometida la masa total a la destilación, dió los productos siguientes:

Empezó la destilación a los 100° C.

Destiló hasta 150° C.	1 por 100.
Idem entre 150-200° C.	11 —
Idem íd. 200-250° C.	17 —
Idem íd. 250-300° C.	60 —
Residuo carbonoso	7 —
Pérdidas	4 —

Podemos deducir las conclusiones siguientes:

1.ª La falta de hidrocarburos muy ligeros o de baja temperatura de ebullición a consecuencia, naturalmente, de faltar la alta pirogenación.

2.ª La presencia en gran proporción de los productos pesados o

densos, destilando entre los límites de 250-300° C. y propios, por consecuencia, para el funcionamiento de los motores Diesel.

3.ª El hecho de que, descompuestos los betunes duros, se transformaron en aceites, residuos carbonosos (asfalto) y gases, en proporción, próximamente, de un 4 por 100.

De estos aceites he tenido ocasión de disponer de un importante tonelaje, lo cual me ha permitido extraer un 18 por 100 de fenoles y homólogos, 10 por 100 de aceites viscosos o de engrase, 1 por 100 de parafina, y el resto, aceites de condiciones varias, para la aplicación a los motores a explosión como elementos combustibles.

En los lignitos miocénicos he conseguido también resultados análogos, si bien la viscosidad de los aceites aparece muy reducida, probablemente por la presencia de las resinas a fuertes dosis. La flora constituyente de aquéllos pertenecería a las especies cupresíneas, de acuerdo con los trabajos de los profesores Van Tieghem y Heer. Las más importantes, "Sequoia sempervirens" y "Sequoia Langsdorfi", fácilmente recognoscibles por sus impresiones aciculares, dominan en estos lignitos, como lo prueba el hecho de que por su digestión en solución alcohólica, convenientemente pulverizados, me ha sido fácil extraer una masa saponificable y con un índice de Koerstofer análogo al de la colofonia ordinaria. Los jabones formados así, aun cuando con el mismo aspecto que los comúnmente preparados con este material, presentan un olor aromático característico.

* * *

No quiero extenderme más, abusando de vuestra condescendencia. Sólo he de permitirme llamar la atención sobre, no digo la conveniencia, sino la necesidad absoluta que existe, de ir a un previo estudio de carácter técnico o de laboratorio y de previa experimentación industrial.

No hay en Europa instalación alguna que disponga de nuestros mismos elementos minerales; y al referirnos, por ejemplo, a las destilaciones de lignitos, habremos de reconocer que los que en Sajonia se destilan son completamente diferentes a los nuestros. Los llamados Brannkolen allí, corresponden al tipo de los lignitos imperfectos, de color pardo, conservando restos leñosos; lo que denota un origen muy moderno. Las pizarras carbonosas de Ribesalbes, que son, sin disputa, de una riqueza casi igual a las que se explotan con tanto éxito en Broxburn, Phumperston y otras localidades escocesas, han llevado al fracaso a importantes Compañías inglesas, que pretendían aplicarles el mismo método que se sigue en aquel país para su mejor utilización; y es que aquellas normas de trabajo que allí conducen al éxito llevaron aquí

a la ruina a quienes pretendieron aplicarlas. La adaptación de tales métodos a las condiciones de estas pizarras hubiera sido altamente ventajoso, no la brutal imposición de una práctica industrial que pugnaba con la naturaleza de las cosas. Las pizarras de referencia son de naturaleza margosa, y desprenden en la destilación abundantes cantidades de ácido carbónico, contrariamente a las pizarras escocesas, que también se diferencian de las de nuestro país en su contenido inferior de azufre y la ausencia de los compuestos sulfoconjugados; los que, combinándose a las bases pirídicas, hacen muy difícil el problema de la desodorisación de los respectivos aceites, como ya en otro lugar indicamos.

* * *

Antes de terminar estas ligerísimas notas, que, por el hecho de afectar a un hondo problema de economía nacional, que ha de resolverse aumentando nuestra riqueza extractiva, pueden resultar de alguna utilidad, creo de interés el solicitar el más alto apoyo de quienes pueden ampliamente prestarlo.

Primeramente, el Estado, al promulgar la ley de Protección a las industrias nuevas y desarrollo de las ya existentes del 2 de marzo de 1917, artículo 1.º, base A, apartado *b,* ofrece su protección a las "industrias y explotaciones hulleras y de aprovechamiento de subproductos", y, como consecuencia, a las que nos ocupa, que sólo son variantes de las consignadas; y es de esperar que la eficacia de esta disposición no quedará sensiblemente reducida, o quizá anulada, por el expedienteo que se precise y determine condiciones tales, que sea harto difícil el poder aspirar a aquel apoyo, tanto más necesario, cuanto que la implantación de estas instalaciones ha de preceder el estudio y ensayo de que hemos hecho mención en otro lugar, si debemos aspirar a un comienzo de explotación sin tanteos y cambios de orientación, que tan fácilmente conducen al fracaso.

También la protección de los Poderes públicos se deja sentir al resolver, mediante disposiciones arancelarias, el régimen de las importaciones de petróleos y aceites minerales diversos, ya que es de absoluta necesidad la adecuada protección para que estas industrias puedan adquirir, desde su período inicial, el desarrollo indispensable, para que puedan arraigar en el país. Quizá podría servir de ejemplo la actitud del Gobierno francés cuando decidió proteger las destilerías de pizarras de Autun, durante los diez primeros años de su implantación.

Con el optimismo que siempre debe guiarnos en la vida, tanto más sentido, cuanto más armoniza con un espíritu altamente progresivo, que es la principal característica de nuestra clase, con la fe en el poder

mágico de la Ciencia presente y, más aún, de la futura, y con el principal resorte de las actividades humanas, que es la necesidad, llegamos al convencimiento de que en el porvenir dispondrá nuestra patria de aceites minerales de origen nacional que le podrán asegurar su independencia económica."

El Sr. PRESIDENTE felicita al conferenciante, y propone que el Sr. Mora redacte una conclusión relativa a las industrias de destilación.

El Sr. MORA accede a esta petición, manifestando que ya en la Sección 12.ª ha tratado el asunto de la intervención de los técnicos en las decisiones del Estado, y que formulará una conclusión en la próxima sesión.

El Sr. SECRETARIO lee una Memoria del Sr. Milián sobre la industria del cemento, siendo aprobada una conclusión relativa a la constitución de una Asociación Española de Fabricantes de Cemento. Dice así la Memoria del Sr. Milián:

"LO QUE DEBERIA SER LA INDUSTRIA DEL CEMENTO PORTLAND

Por D. ENRIQUE MILIÁN, *Ingeniero militar.*

Todos los Ingenieros y Constructores han recordado, sin duda, multitud de veces las facilidades con que, antes de la guerra, podían surtirse del cemento portland, necesario y conveniente a los fines de sus obras, sobre todo comparándolas con las dificultades encontradas, durante el desarrollo de tan gigantesca lucha; dificultades hoy subsistentes, aunque disminuídas algo.

Las causas de la presente escasez y carestía del cemento portland son bien conocidas de todos; y nada diremos sobre ellas, limitándonos únicamente a hacer un llamamiento más, con este escrito, a los industriales y capitalistas, con el fin de que fijen su atención sobre el problema, permitiéndonos indicarles la manera de resolverlo y al mismo tiempo contribuir, aunque sea con muy poco, a fomentar el desarrollo de la Industria y Comercio españoles, primordial objetivo del Congreso que estamos celebrando.

Para nuestro estudio van a servirnos los datos que por razón de mi anterior destino oficial reunimos y los que hemos podido encontrar, comparando los relativos a un período de cuatro años antes del 1914 y otro de los cuatro subsiguientes a éste. Ante todo, advertimos que tales datos, especialmente los referentes a producción, vamos a poner-

los en forma global, con el fin de evitar capciosas interpretaciones y rectificaciones, además de que, como dijimos antes, sólo nos guía el objeto de llamar nuevamente la atención al capital español, para inclinarlo en favor de la industria del cemento portland.

Durante el primer período, esta industria, en España, puede declararse, sin error, que estaba reducida a cuatro fábricas en 1910, que llegaron a seis al finalizar el 1913 (1), con productos que, reuniendo en cada marca la conveniente uniformidad de características, satisfacían una gran parte de las necesidades de la construcción. La producción total puede suponerse de 150.000 toneladas en los años 1910 y 11, de 180 000 el 12 y 200.000 el 13; a estas cifras debe añadirse el cemento portland importado, que ascendió a unas 50.000 toneladas durante los años 1910 y 11, y a 75.000 y 90.000, respectivamente, en los de 1912 y 13, cantidades éstas que representan del 35 al 50 por 100 casi de la producción nacional; de los totales obtenidos deben deducirse unas 8.000 toneladas por año exportadas, en general, a las regiones españolas no peninsulares, quedando para nuestro consumo anual interior, en el período comprendido entre los años 1910 a 1913, ambos inclusive, cantidades crecientes de 190.000 a 280.000 toneladas.

Durante el segundo período de tiempo, se presentan en el mercado la normal producción de tres nuevas fábricas (2); pero, en cambio, se notó una paralización en todas, debida a la escasez de carbón, huelgas, etcétera, por lo que no es erróneo deducir que la producción media anual de este período aumentó un 30 por 100 sobre la correspondiente a 1913, a pesar de las mejoras y ampliaciones que en algunas fábricas se introdujeron; así, pues, puede suponerse, simplificando al mismo tiempo los resultados, en unas 260.000 toneladas la producción anual; ésta, al contrario que durante el primer período, sufre disminución en la parte destinada al consumo nuestro; pues se exportaron unas 12.000 toneladas durante 1915, 17.000 en 1916, 16.000 en 1917 y 28.000 en 1918; siendo las importadas durante los mismos años de unas 20.000, 12.000, 2.000 y 1.000; con lo que las disponibilidades quedaron reducidas a unas 270.000, 255.000, 235.000 y 230.000 toneladas, respectivamente.

La comparación de los resultados antes expuestos muestra clara-

---

(1) Las demás fábricas de cemento deben solamente considerarse como de cementos naturales o de cales hidráulicas, con excepción de una que fué montada para un determinado fin, y sin que sus productos entraran en el mercado.

(2) Una de ellas, establecida en distinta localidad, pero señalando sus productos con la misma marca que los de la primitiva fábrica. Y otra, cuya influencia sólo alcanza a los últimos meses del período que estudiamos.

mente que, no obstante el gran avance de la industria del cemento portland, existe un déficit creciente en las cantidades destinadas al consumo propio de nuestras necesidades interiores; dicho déficit, junto con la buena calidad general de los productos hoy fabricados, mejorados aún si necesidades comerciales, mal entendidas, no movieran, en algunos casos, a los industriales a lanzar al mercado productos que deberían ser sometidos a una más refinada elaboración y conservación, unidas a la marcha ascendente de la exportación (1), nos inducen a considerar que la situación actual de nuestra industria del cemento portland, si bien es próspera, por cuanto a los fabricantes alcanza, no responde al desarrollo que debería tener; pues debería ser tal, en el más breve plazo posible, que cubriendo con exceso las necesidades nacionales, no inferiores a 300.000 toneladas y con marcada tendencia al aumento, permitiera acrecentar grandemente la exportación, y más aún la iniciada a las Repúblicas sudamericanas, conquistando aquellos mercados en forma que hiciera muy difícil, el día de mañana, la competencia que por surtirlos nuevamente pueda hacer la producción extranjera.

Para el logro de tales fines nos permitimos proponer:

1.º La creación de dos grandes fábricas de cemento portland, situándolas, una, próxima a Zamora, y la otra, en los alrededores de Sevilla, a más de ampliar e intensificar cuanto sea posible la producción de las actuales (2).

Para fijar las zonas donde establecer las nuevas fábricas, hemos tenido muy presente el que en ambas existen las primeras materias necesarias, poder contar en ellas con la energía eléctrica necesaria a industria de esta clase, ser fácil el suministro de carbón y salida a redes ferroviarias de los productos obtenidos, y, finalmente, equilibrar las zonas de producción, concretadas hoy al Norte, Este y Centro.

2.º Aunar cuantos esfuerzos tiendan al desarrollo de la industria con la formación de una Asociación de Fabricantes de Cementos, en condiciones análogas a la de franceses y belgas, de alemanes y de otros países, que organizando, clasificando y comprobando la producción de cada uno de sus asociados, determine las zonas de venta en el interior, para después ordenar y favorecer la exportación, manantial de riqueza de todo país bien organizado comercial e industrialmente."

El Sr. BELLO lee su Memoria sobre "Ensayos de tierras para te-

---

(1) Durante el primer semestre del corriente año 1919 salieron unas quince mil toneladas.

(2) En Valladolid o sus alrededores trata de establecerse una nueva fábrica.

rraplenes en riegos del Alto Aragón", aprobándose sus conclusiones, que se comunicarán a la Sección 1.ª Dice así, en extracto:

"ENSAYOS DE TIERRAS PARA TERRAPLENES EN RIEGOS DEL ALTO ARAGON

Por D. Severino Bello, *Ingeniero-Director.*

Las adversas condiciones que ofrece el suelo de la zona para establecer canales y presas de tierra movieron a apurar el estudio local. De reconocimientos geológicos, estudios físicoquímicos de laboratorio y pruebas con un gran aparato especial para ensayar tierras, cabe sacar conclusiones útiles para la ejecución de los terraplenes de los canales.

(Los estudios y ensayos continúan en cuanto al aprovechamiento del suelo para ejecutar grandes presas de tierra.)

CONCLUSIONES

Primera. La depresión del Ebro está ocupada por una masa de marga de gran espesor. En ella aparecen con irregularidad extractos de caliza y yeso y lentejones de arenisca. Sometida la superficie a proceso de socavación, que aun dura, quedan delgados tirones de los mantos de aluvión que sobre la marga arrojó la denudación de las montañas circundantes. Asimismo, el fondo de las vallonas se cubre con derrubios más lavados; esto es, más arcillosos que calizos y menos atacables, de consiguiente, por el agua aireada. No hay probabilidad alguna de encontrar otros materiales o productos del suelo que los indicados, ni aguas que no sean más o menos selenitosas. Resulta suelo francamente desfavorable para construir canales de tierra; interesante, por frecuente en la Península (formaciones miocenas).

Segunda. Tales caracteres fuerzan generalmente a evitar el establecimiento de cajeros en terraplén. Cuando son inevitables, y especialmente desde que adquieren importancia, v. gr., desde que frisan la altura del cajero, procede buscar las tierras necesarias para formarlos, fuera de yesos y materia orgánica, entre los productos más gravillosos y árcillosos y de menos polvo calizo, aunque deban transportarse desde vallonadas relativamente lejanas, con tal de que congreguen aguas bastantes para ofrecer suelos suficientemente lavados.

Tercera. Por lo demás, para obtener terraplenes satisfactorios desde el doble punto de vista de la impermeabilidad y la solidez, resultan suficientes las buenas reglas de apisonarlos por tongadas delgadas con rodillos pesados y alguna humedad."

Se levanta la sesión a las doce y treinta de la mañana.

Tercera.—Por lo demás, para obtener terraplenes satisfactorios desde el doble punto de vista de la impermeabilidad y la solidez, resultan suficientes las buenas reglas de apisonarlos por tongadas delgadas con rodillos pesados y alguna humedad."

Se levanta la sesión a las doce y treinta de la mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 23 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las once de la mañana.

El Sr. RODRIGUEZ DE ARCE lee una nota, que suscribe, sobre la obtención de un cemento español análogo al francés Lafargue, que es escuchada con complacencia.

El Sr. SECRETARIO lee las conclusiones definitivas que se han redactado, recogiendo y resumiendo las aprobadas, así como las que la Mesa propone en orden a asuntos no tratados por los señores ponentes. Son aprobadas en su totalidad, y se insertan al final del siguiente trabajo.

"LADRILLO ARMADO: APUNTES SOBRE EL ESTUDIO DE LA FLEXION

Por D. JUAN NOREÑA, *Ingeniero militar*.

RESUMEN

Tratar de resumir los puntos que se tocan en esta *comunicación* sería lo mismo que hacer un juicio sintético del valor constructivo del ladrillo armado, y esto no es posible no contando sino con noticias muy escasas de las obras ejecutadas ni con más prueba, bien deficiente por cierto, que la que en estos renglones se comenta.

Siguiendo el precepto reglamentario, diremos solamente que las fábricas armadas racionalmente pueden soportar los esfuerzos de flexión que en la construcción ordinaria se presentan, con notable economía, más importante hoy con el estado anormal del mercado.

Las vigas T parecen las más adecuadas para suelos ordinarios, y entre las rectangulares, las de armadura simétrica y las disimétricas, cuya armadura comprimida es menor que la extendida y cuyas cuantías están determinadas por una relación fija.

Es preciso colocar estribos que recojan las tensiones oblicuas que

se desarrollan en los arranques, convirtiendo con su intervención el trabajo de extensión en los arranques de ladrillo en trabajo de desgarramiento.

En consideración a las ventajas económicas que pueden lograrse con el sistema, debe recomendarse su estudio con el fin de aquilatar su valor práctico y llegar a consecuencias concretas acerca de la eficiencia de los estribos, su colocación, valor de los coeficientes de trabajo en el ladrillo y adherencias, y, muy especialmente, el de compresión en las fábricas; pues todo hace prever que este último puede ser notablemente aumentado con respecto al de compresión uniforme.

* * *

Después de dejar sentado en otra *comunicación* que las fábricas de ladrillo armadas racionalmente con hierros poseen aptitud suficiente para trabajar unidos los dos materiales, vamos a ocuparnos de estudiar los problemas de flexión y de comentar las condiciones que ofrecen las distintas organizaciones que pueden aceptarse, reseñando a continuación una experiencia de rotura de una viga.

Flexión en vigas rectangulares.

Ocupémonos únicamente de las vigas de sección rectangular con armaduras en los lados opuestos, inferior y superior. Si se acepta el principio de la construcción de las secciones planas y se desprecia el trabajo por extensión del hierro, se llega a fórmulas derivadas de las clásicas (figura 1).

Sea:

ab = los lados de la sección rectangular.

x = a la fracción de la distancia b, a que está situada la capa de fibras neutras.

R_h = coeficiente de trabajo por extensión del hierro.

R_h' = coeficiente de trabajo por compresión del hierro.

R_l = coeficiente de trabajo por compresión del ladrillo.

S = sección del hierro extendido.

$S't$ = proporción de metal en la sección resistente.

Siendo constantes los coeficientes de elasticidad, el principio de conservación de secciones planas proporciona:

$$\frac{R_h}{R_l} = 70\,\frac{1-x}{x} \qquad (1)$$

Y no habiendo desunión de la armadura comprimida:

$$R_h' = 70R_l' \qquad (2)$$

El equilibrio de las fuerzas internas conduce a la ecuación

$$x = 70\left(\sqrt{t^2 + \frac{S}{35ab}} - t\right) \qquad (3)$$

y el equilibrio de momentos interno y externo:

$$M = \frac{R_l I}{xb} \qquad (4)$$

siendo

$$I = \frac{1}{3}\, a(xb)^3 + 70\,[S'(xb)^2 + S(b - xb)^2] \qquad (5)$$

Estas cinco fórmulas permiten resolver todos los problemas.

Variando los datos podremos conseguir, sirviéndonos de la (3), que $x = 0{,}5$, y entonces,

$$R_h = R_h' = 70R_l$$

trabajando en la armadura comprimida con toda su eficiencia y llegando los coeficiente del ladrillo, alcanzarán límites muy convenientes. No ocurre lo mismo con las de armadura simétrica y asimétrica, como pasamos a demostrar.

En el caso de armadura simétrica, las fórmulas serán:

$$R_h' = 70R_l$$

$$R_h = 70\,\frac{1 - x}{x}\,R_l'$$

$$x = 70t\left(\sqrt{1 + \frac{1}{70t}} - 1\right)$$

$$M = \frac{RI}{xb}$$

$$\frac{I}{xb} = ab^2\left[\frac{x^2}{3} + 70t\left(x - 1 + \frac{1}{x}\right)\right]$$

que se puede poner bajo la forma $\frac{I}{xb} = ab^2B$; siendo B igual a la cantidad encerrada entre corchetes, que es el momento resistente de una viga cuadrada de lado-unidad. Tomando como argumento los valores de t, se pueden hallar los de x, $\frac{I - x}{x}$ y B, que intervienen en las fórmulas anteriores. Tabulamos a continuación estos valores para más facilidad en los cálculos:

t	x	$\frac{I - x}{x}$	B
0,005	0,336	1,98	0,325
0,0075	0,368	1,72	0,423
0,01	0,388	1,58	0,526
0,015	0,412	1,43	0,714
0,02	0,427	1,34	0,898
0,025	0,437	1,29	1,082
0,03	0,442	1,26	1,265
0,04	0,448	1,23	1,750
0,05	0,445	1,20	1,210

Vemos que la capa de las fibras neutras se acerca a la posición central a medida que aumenta la proporción de metal, y que entonces los coeficientes de trabajo alcanzan sus límites usuales. Así, si queremos que el hierro a extensión trabaje con 10 Kg. × mm.², los otros coeficientes serán:

t	R_h'	R_l'	BR_l'
0,005	510	7,2	2,34
0,0075	580	8,3	3,52
0,01	630	9,0	4,73
0,015	700	10,0	7,14
0,02	750	10,6	9,51
0,025	780	11,1	12,01
0,03	800	11,4	14,41
0,04	810	11,6	20,30
0,05	830	11,9	23,90

Unidades Kg.-cm.

Se comprende que las vigas de armadura doble simétrica son propias con grandes tantos por ciento de metal.

Si la carga es de armadura sencilla, las fórmulas serán:

$$R_h = 70 \frac{1 - x}{x} R_l \qquad x = 70t\left(\sqrt{1 + \frac{1}{35t}} - 1\right)$$

$$M = \frac{R_l I}{xb} = R_h tab^2\left(1 - \frac{x}{3}\right) = R_h ab^2 A$$

si llamamos A al momento resistente de una viga de sección cuadrada de lado unidad igual a $t\left(1 - \frac{x}{3}\right)$. Tabulamos los valores $x\left(1 - \frac{x}{3}\right)$ y A con el argumento *t*.

t	x	$\frac{1 - x}{x}$	A
0,005	0,557	0,795	0,00414
0,0075	0,631	0,586	0,00597
0,01	0,675	0,482	0,00776
0,015	0,740	0,351	0,01130
0,02	0,780	0,282	0,01480
0,025	0,812	0,232	0,01820
0,03	0,834	0,199	0,02166

Observando los valores de x, se comprende que estas vigas no podrán emplearse sino con proporciones muy reducidas de metal; pues en cuanto el valor de x se aleja de 0,5, los coeficientes de trabajo están cada vez en peores condiciones. Así, si queremos que los hierros trabajen a 700 o a 1.000 Kg. × cm.², o bien las fábricas a 15 Kg. × cm.², los coeficientes R_l y R_h serán en cada caso:

t	Con $R_h = 700$		Con $R_h = 1.000$		$R_l = 15$	
	R_l	$R_h A$	R_l	$R_h A$	R_h	$R_h A$
0,005	12,6	2,9	18	4,14	834	3,45
0,075	16,4	4,18	23,5	5,97	640	3,82
0,01	20,7	5,44	29,6	7,76	506	3,94
0,015	28,6	7,9	40,8	11,3	368	4,17
0,02	35,4	10,3	50,7 *	14,8	296	4,38
0,025	43,2 *	12,7	61,6 *	18,2	244	4,45
0,03	50,2 *	15,7	71,8 *	21,6	209	4,52

Unidades Kg.-cm.

Los valores señalados con * se consideran inadmisibles desde luego. Téngase en cuenta que, conforme a razonamientos ya expuestos en otra comunicación, es probable que los coeficientes de trabajo de compresión en fábricas de ladrillo y mortero expuestas a flexión alcancen valores cuatro veces superiores a los ordinarios. Unicamente la experiencia podrá arrojar luz sobre este asunto.

Dedúcese que las vigas de doble armadura simétrica presentan más extensas aplicaciones y más recursos constructivos; pues hacemos trabajar el ladrillo con los mismos coeficientes; éstas serán capaces de desarrollar momentos mucho más intensos.

Si llamamos t' a la relación de las armaduras extendidas a la sección de ladrillo en una viga de armadura simétrica, la fórmula que da el valor de x podrá escribirse:

$$x = 70\left(\sqrt{t^2 + \frac{t}{35}} - t^2\right)$$

que permite fijar el valor de t', que con uno determinado de t, haga $x = 0{,}50$; posición central de la capa de fibras neutras que determina el trabajo adecuado de los materiales cumpliendo por cumplirse la condición:

$$R_h = R_h' = 70R_l.$$

Este valor de t' es:

$$t' = 35\left[\left(\frac{1}{140} + t\right)^2 - t^2\right] = 0{,}001785 + \frac{t}{2}$$

que demuestra que la armadura extendida tiene que estar en una proporción un poco superior a la mitad de la total. Es decir, que el hierro no debe repartirse por mitades entre las dos armaduras, sino con un ligero aumento en la armadura extendida fácil de calcular. La ecuación de los momentos será entonces:

$$M = \frac{R_l I}{xb} = R_l a b^2 (0{,}083 + 35t) = R_l a b^2 C$$

Se llama C al paréntesis y valor que está tabulado a continuación junto con los de t'.

t	t'	C	CR_1'
0,005	0,0043	0,258	3,69
0,0075	0,0055	0,345	4,83
0,01	0,0068	0,433	6,18
0,015	0,0093	0,608	8,68
0,02	0,0118	0,783	11,20
0,025	0,0143	0,958	13,70
0,03	0,0168	1,133	16,18
0,04	0,0218	1,483	21,20
0,05	0,0268	1,833	26,24

Unidades Kg.-cm.

Siempre que las proporciones de metal en armaduras sean las consignadas en este cuadro, la fibra neutra estará a 0,5*b*, y los coeficientes de trabajo serán:

$$R_h = R_h' = 70R_1.$$

Si hacemos $R_h = R_h = 10$ Kg. × mm., R_l será 14,3 Kg. × cm.²; valores correlativos muy convenientes para hierros y ladrillos que pueden admitirse hoy por hoy. Si mañana la experiencia confirma, como es de esperar, que puede elevarse mucho el coeficiente de trabajo por compresión del ladrillo, el valor de x será mayor que 0,5*b*.

Con los coeficientes apuntados, se ha calculado la última columna que da los momentos internos. Bastará multiplicarlos por *ab* para tener el momento total que es capaz de desarrollar la viga.

Estos son mayores que en las vigas de armadura simétrica. No obstante, en las aplicaciones y con proporciones fuertes de metal, las simétricas pueden resolver el problema de flexión en buenas condiciones y sin salir en el ladrillo de los coeficientes usuales, con la ventaja sobre las últimas de que la armadura comprimida trabaja con coeficiente reducido; lo que aminora el riesgo de desunión de la misma, que es de temer cuando se emplee al exterior.

Las vigas de armadura sencilla presentarán el inconveniente de las secciones rectangulares de exigir un trabajo muy elevado al ladrillo, que, aunque desde dentro del límite de 40 Kg. × cm.² de que hablamos al principio, no parece que se puede admitir sin que la práctica lo patentice.

Esfuerzos cortantes y desgarramientos.

Si suponemos que el esfuerzo cortante se distribuye de manera uniforme en la sección resistente llamando C_h al que corresponde a la sección de hierro S_l C, a la sección de ladrillo S_l y C al total:

$$C_h = 70 C_l \qquad\qquad C_l = C \frac{S_l}{S_l + 70 S_h}$$

y los coeficientes de trabajo serán:

$$R_h'' = \frac{C_h}{S_h} \qquad\qquad R_l'' = \frac{C_l}{S_l}$$

No tiene mucha importancia esta determinación, ya que casi siempre la sección de ladrillo será suficiente para resistir por sí sola a este esfuerzo.

En cuanto al desgarramiento en la fibra neutra donde es máximo por unidad superficial, o bien en la unión de hierros extendidos y ladrillo, será:

$$S = \frac{C}{eh}$$

Siendo C y *h* el esfuerzo cortante y el brazo de palanca del par interno de la sección considerada, y *e* la anchura en la cifra neutra o la adherente de los hierros.

Organización práctica.

No podemos entrar en el detalle de la organización práctica de las vigas de ladrillo armado; pero sí queremos indicar la forma en que nos parece pueden presentar mejores resultados y más numerosas aplicaciones.

Consiste en la formación de vigas de pequeña altura armadas o no en compresión y colocadas a distancia conveniente para que puedan formarse los suelos con ladrillos puestos de plano, bien en la dirección del ancho, bien en la del largo (figura 2). Con las múltiples combinaciones que pueden formarse, creemos que es posible resolver los problemas que en la construcción ordinaria se presentan con importante economía.

En el cálculo de estas vigas, se debe hacer intervenir los ladrillos

Fig. 1

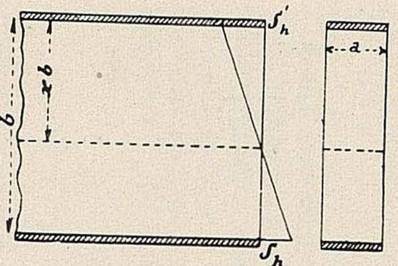


Fig. 2

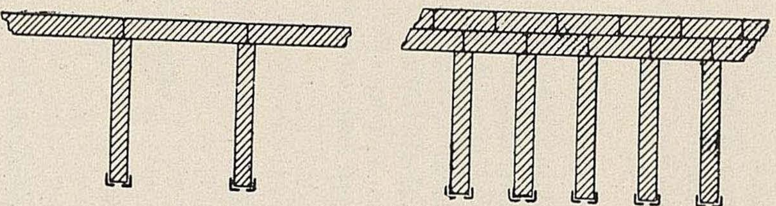


Fig. 3

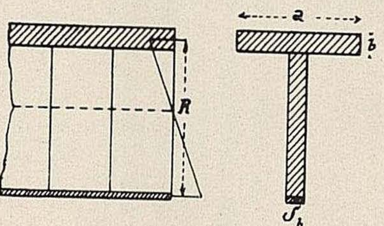
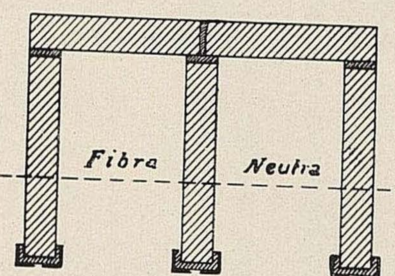


Fig. 4.

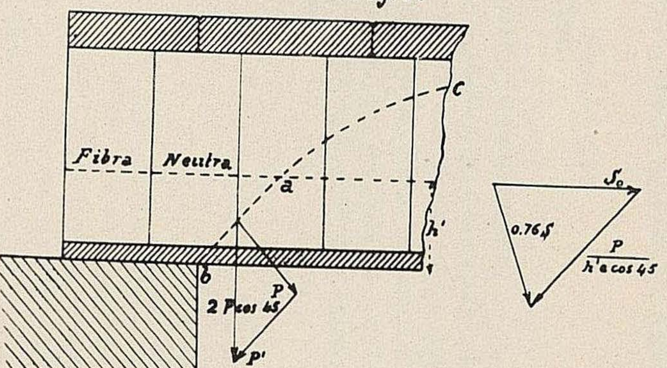


Escala de 1:10

Ladrillo de 28 x 13'5 x 5 cm.

Escuadras de hierro de 25 x 25 x 3 m.m.

Fig. 6.



puestos de plano, resultando así los elementos resistentes afectando la forma de T sencilla. Aun no contando con este recurso e interviniendo en el cálculo únicamente los ladrillos puestos de canto, se podrán salvar las luces corrientes en construcción.

Cálculos simplificados.

El cálculo de estos pisos se puede simplificar notablemente.

Si consideramos una de las TT (figura 3), podemos prescindir del alma de la viga y no contar nada más que con la resistencia que proporciona la tabla y la armadura. Si exigimos que la fibra neutra esté a la mitad de la altura *h,* cosa que variará cuando se demuestre que el ladrillo puesto en flexión puede alcanzar coeficientes de trabajo mucho mayores que los ordinarios, se deberá verificar:

$$R_h = R_l 70 \qquad (1)$$

y la formación del par:

$$abR_l = S_h R_h$$

de donde

$$S_h = \frac{ab}{70} \qquad (2)$$

Si el momento externo máximo es M_0, el equilibrio de momentos exige:

$$S_h = \frac{M}{R_h} \qquad (3)$$

Estas tres ecuaciones permiten resolver todos los problemas.

Si ponemos todas las cantidades que intervienen en estas fórmulas en kilogramos y centímetros, haciendo $R_h = 1.000$ Kg. $\times$ cm.², $R_l =$ $= 14{,}4$ Kg. $\times$ cm.², $a = 100$ para considerar una faja de suelo de un metro de anchura, las fórmulas simplificadas serán, con suficiente aproximación:

$$S_h = 1{,}5b \qquad\qquad b = \frac{1{,}5M_0}{10^7 h}$$

que permite, partiendo de uno de los valores exigibles para S_h, *b* ó *h,* determinar los otros dos tanteos, siempre sencillos, por tenernos que ajustar para *b* y *h* a las dimensiones de los ladrillos, y para S_h a los hierros catalogados.

Observamos que únicamente *b* puede hacerse variar con la adición pequeñas capas de mortero o de hormigón, o bien si el pavimento es susceptible de desarrollar un trabajo análogo al del ladrillo.

Reseña de una experiencia de flexión.

Ofreciendo campo de experimentación más amplio las vigas, a ellas hemos añadido ejecutando pequeños modelos que resistieron perfectamente las cargas impuestas. Creemos interesante citar la experiencia siguiente:

Con el perfil que presentamos en la figura 4, y sirviéndonos de ladrillo de calidad muy deficiente, hicimos construir una viga de tres metros de luz apoyada en sus extremos.

La determinación por el cálculo gráfico de la figura 5 de su momento de inercia proporciona un valor de $I = 223.050$ cm.^{2}, no contando con el ladrillo sometido a extensión. La fibra neutra resulta situada, haciendo setenta veces más eficaz la sección de hierro a 12,50 cm. de ésta y a 21,8 cm. de la fibra extrema comprimida de ladrillo. El momento resistente que afecta al hierro es, por consiguiente, de 17.850 cm.^{3}, y el del ladrillo, de 10.230 cm.^{3}, que es 1,75 veces menor que el primero, como tratamos de obtener, por ser más interesante para nosotros determinar el coeficiente de trabajo que puede alcanzar con seguridad el ladrillo en flexión, que no las particularidades que pueda presentar la carga del hierro, ya que experiencias anteriores nos habían demostrado que la desunión no se verificaba en las armaduras.

El momento en el centro es de $M = T \cdot 112.500$ Kg.-cm., representando T el número de toneladas por metro lineal de viga. La carga de trabajo de la fibra más comprimida de ladrillo será:

$$R_l = T \cdot 11 \text{ Kg.-cm.}^2$$

y la de hierro:

$$R_h = T \cdot 442 \text{ Kg.-cm.}^2$$

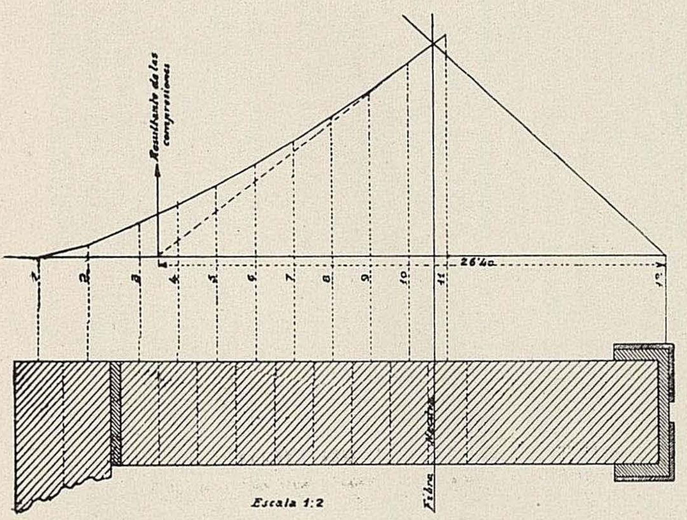
Puesto que el brazo de palanca del par interno es de 26,4 cm., el desgarramiento a lo largo de la armadura que tiende a desunir el hierro será de:

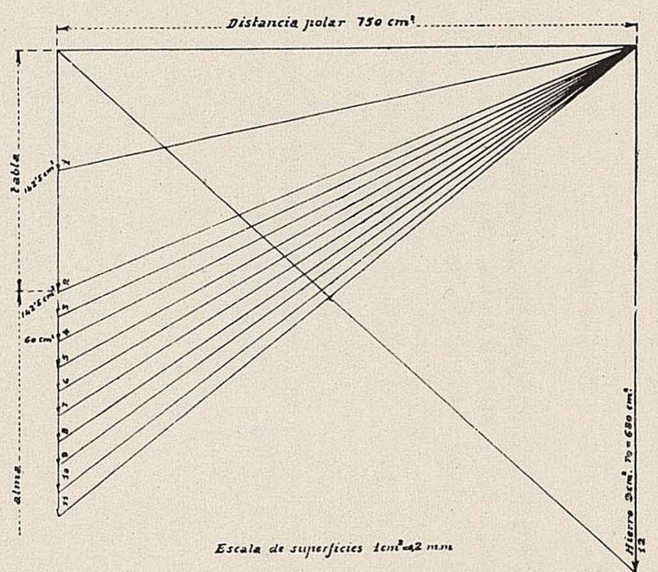
$$R_h'' = \frac{1'57}{30 \cdot 26,4} = T \cdot 1,9 \text{ Kg.-cm.}^2$$

y a lo largo de la fibra neutra será de:

$$R_l'' = \frac{1'5T}{15 \cdot 26,4} = T \cdot 3,8 \text{ Kg.-cm.}^2$$

Fig. 5.


Resultante de las compresiones
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
26'40
Fibra Neutra
Escala 1:2


Distancia polar 750 cm²
Tabla
142'5 cm²
60 cm²
alma
Hierro 3cm². Po = 680 cm²
Escala de superficies 1cm² = 42 mm

Para resolver el problema sin complicar mucho la construcción, en lugar de aceptar barras inclinadas, más difíciles de colocar, podemos admitir varillas de hierro en las juntas. Los planos de rotura a 45° cortará siempre alguna.

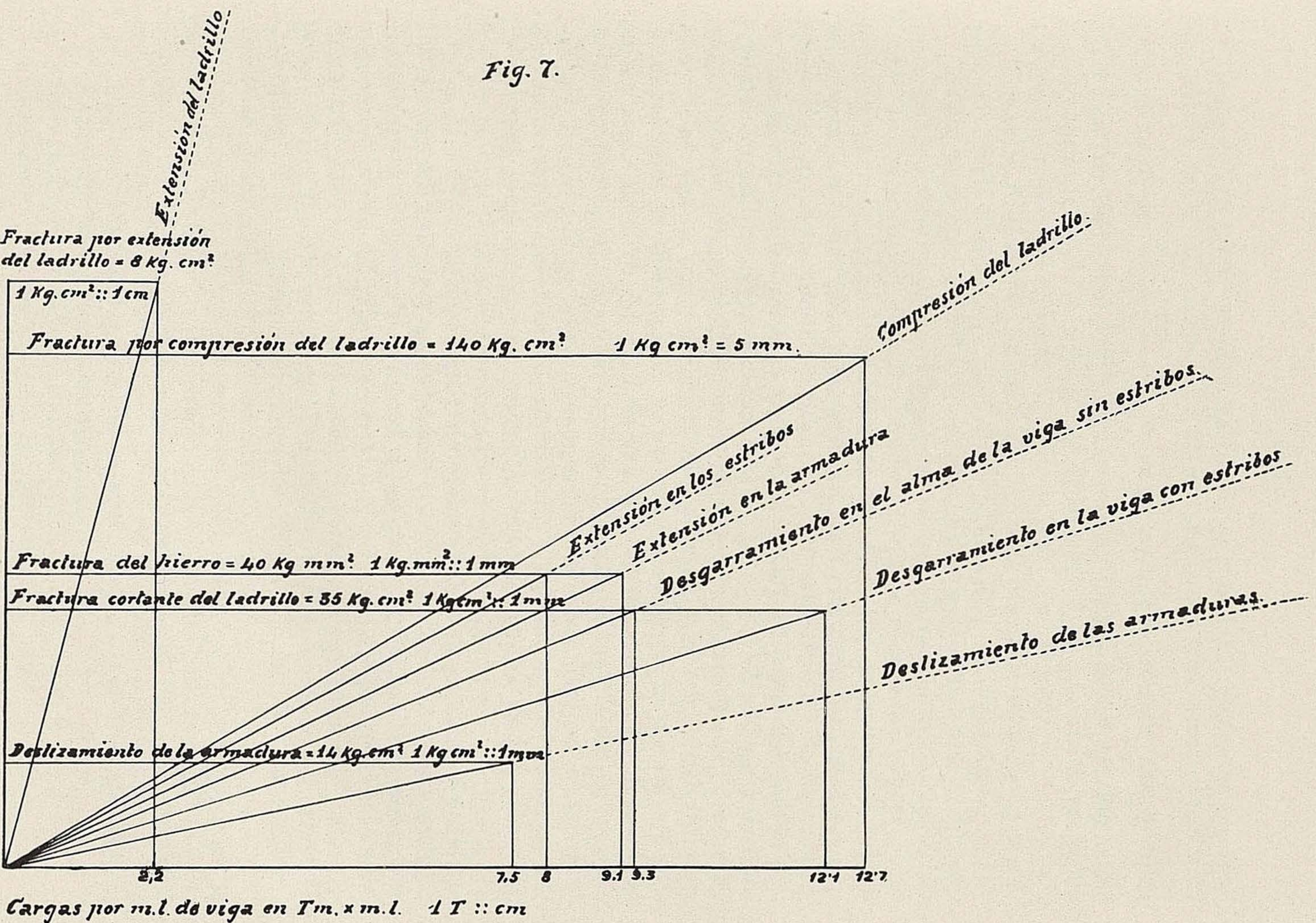
Sabido es que la mayor extensión en un punto cualquiera de una viga, se opera en un plano definido por la ecuación tang $2\alpha = \frac{2S}{p}$; siendo p la extensión o compresión dada por la fórmula de flexión clásica $p = \frac{Mv}{I}$, y S el desgarramiento, y que su valor es:

$$p_0 = \frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} + S^2}$$

En nuestro caso, por suponer que la extensión en el ladrillo es nula, será, desde la armadura a la fibra neutra, $a = 45°$ $p_0 = S$. En la parte comprimida x se prolonga esta recta ab (figura 6), lugar geométrico de los puntos de la viga que dan tensiones $= S$ por una curva ac de tangente horizontal. Para nuestro cálculo, podemos contar sólo con la parte inclinada y suponer en un intervalo S constante, y se verá que la acción del estribo será convertir la fuerza calculada de tensión $P = Sh'e \cos 45°$; siendo h' la altura de la capa de fibras neutras y e el espesor del ladrillo en una extensión $2p \cos 45° = 2Sh'e \cos^2 45°$ y en desgarramiento en el ladrillo igual $p' = p$, que podemos suponer se opera en una sección $eh' \cos 45°$, dando un trabajo unitario igual a S, que habrá que sumar vectorialmente con el máximo desgarramiento en ese punto. Ahora bien: el máximo desgarramiento se opera en una dirección tang $2\alpha' = \frac{p}{2S}$, y tiene por valor $S_o = \sqrt{\frac{p^2}{4} + S^2}$ que en la hipótesis que hacemos de $p = 0$, nos dice se opera en una dirección $a' = 0$ y tiene por valor $S_o = S$. La resultante de estos dos desgarramientos tiene una inclinación de 67° 30′ y un valor vectorial de 0,76 S.

En la experiencia reseñada, la tensión oblicua en los planos inclinados a 45° sería igual al desgarramiento en la fibra neutra, o sea, igual a 3,8 T Kg. × cm.² En el momento de aparecer las grietas (T = 1.750), ese valor, según se deduce del cálculo, sería de 6,75, y en el de la rotura (T = 2), de 7,6 Kg. × cm.²; valores que permiten prever que la causa de la ruina de la viga deben ser las tensiones de 45° en el alma, ya que se empleó el ladrillo del país de muy deficientes condiciones de resistencia, que no da por fracción, normalmente, más de 8 Kg. × cm.²; valor que casi es alcanzado, como acabamos de ver, en el momento de la rotura, mientras los otros coeficientes de trabajo permanecen en límites muy moderados.

Fig. 7.



Extensión del ladrillo
Fractura por extensión del ladrillo = 8 Kg. cm²
1 Kg. cm² :: 1 cm
Fractura por compresión del ladrillo = 140 Kg. cm²
1 Kg cm² = 5 mm.
Compresión del ladrillo.
Extensión en los estribos
Extensión en la armadura
Desgarramiento en el alma de la viga sin estribos.
Desgarramiento en la viga con estribos
Deslizamiento de las armaduras.
Fractura del hierro = 40 Kg mm² 1 Kg. mm² :: 1 mm
Fractura cortante del ladrillo = 35 Kg. cm² 1 Kg cm² :: 1 mm
Deslizamiento de la armadura = 14 Kg. cm² 1 Kg cm² :: 1 mm
2,2
7.5
8
9.1
9.3
12'1
12'7
Cargas por m.l. de viga en Tm. x m.l. 1 T :: cm

Si queremos poner estribos en forma de varilla de hierro en las juntas, en la inmediata a los apoyos se precisaría una sección metálica para T = 2 de $\frac{2Sh'e \cos^2 45}{1.000}$ = 0,47 cm.², que exigiría dos varillas de 6 mm. de diámetro, y el desgarramiento inclinado del ladrillo o esfuerzo cortante, será de 0,76 × 3,8 T = 2,88 T, y que con la carga de rotura de 2 toneladas por m. l. sería de 5,76 Kg. × cm.²

Con esta disposición, se podía haber aumentado notablemente la resistencia de la viga.

Basta, para comprobarlo, examinar el gráfico de la figura 7, trazado para una viga con y sin estribos, y en el que se representa la variación lineal de los trabajos unitarios en los distintos elementos con respecto a las cargas por metro lineal de viga variable, que representan, respectivamente, las ordenadas y las abcisas. Se indican en las escalas verticales respectivas los límites de fractura, desgarramiento y deslizamiento.

En la viga sin estribos se ve que se produce la rotura del alma por tensión cuando la carga alcanza 2 Tm. × m. l. Si por un momento suponemos que sigue resistiendo, la rotura sobrevendrá por deslizamiento de la armadura con 7,5 Tm. × m. l.; límite muy lejano del anterior. Si suponemos también que la armadura no se despega, vendrá a continuación con 9,1 Tm. × m. l. la fractura de la armadura; después, el desgarramiento del alma, con 9,3 Tm. × m. l., y, por último, el aplastamiento del ladrillo sometido a compresión con 12,7 Tm. × m. l.; fenómeno que suponemos que se produce con 140 Kg. × cm.²; número notablemente inferior al que, según los razonamientos ya expuestos en otra comunicación, puede preverse hoy por hoy.

La necesidad de no admitir ningún trabajo por extensión en el ladrillo, por lo eventual que resulta, queda más de manifiesto en este caso; pues consiguiendo, merced a un procedimiento cualquiera, que desaparezca este trabajo y se traduzca en una de compresión o cortante que resiste menor el ladrillo, hacemos desaparecer esa carga límite inferior de rotura de 2,2 Tm. × m. l., y conseguiremos que a la de rotura sea la siguiente muy superior de 7,5 Tm. × m. l., que corresponde al desprendimiento de las armaduras.

Esta misión cumplen los estribos, presentando además la ventaja de disminuir el trabajo de desgarramiento en el alma de la viga. Con su empleo, el orden de los fenómenos de rotura será:

Deslizamiento de las armaduras con...........	7,5	Tm. × m. l.
Rotura de los estribos con........................	8,0	—
Rotura de la armadura con........................	9,1	—
Desgarramiento del alma de la viga con......	12,1	—
Compresión del ladrillo con......................	12,7	—

No ofrece duda, por consiguiente, la adopción de los estribos, ya que el aumento de la carga de rotura es tan notable, que justifica su empleo.

Como, por falta de tiempo, no nos ha sido dable confirmar prácticamente esta deducción, vamos a hacer unas consideraciones económicas sobre la base cierta de la prueba realizada.

Consideraciones económicas.

Hemos expuesto ya en otra comunicación la gran economía que con el empleo del sistema en una azotea se obtuvo.

Sin tratar de generalizar las deducciones, observemos que si hubiéramos empleado el perfil de vigas de la prueba para salvar una luz doble, la rotura hubiera ocurrido con la misma carga total de seis toneladas; pues con ella se alcanza el esfuerzo que produjo la rotura por extensión en los planos inclinados de 45°, ya que su valor depende del esfuerzo cortante y del brazo de palanca del par interno; factores que permanecen invariables. El mismo valor conservará también el coeficiente de trabajo de desgarramiento en el alma de la viga y el de desprendimiento de las armaduras. En cambio, los coeficientes de extensión del hierro y compresión del ladrillo alcanzarán valores dobles en el momento de la rotura, por serlo el momento correspondiente. Sus valores serán, respectivamente, cuando ocurra la fractura en los planos inclinados, de 35,36 Kg. $\times$ mm.^{2} y 88 Kg. $\times$ cm.^{2}; números que demuestran que la desorganización de la viga será debida a la tensión oblicua en el alma.

Si aceptamos un coeficiente de seguridad de 4, la carga de trabajo de esta viga deberá ser de 250 Kg. $\times$ m. l., que representan 418 $\times$ m.^{2} La vigueta de hierro que, con bovedilla de 0,70 de luz, resolvería el mismo problema constructivo, tiene el perfil $\frac{180 \times 63}{10 \times 9}$, que pesa 21,87 Kg. $\times$ m. l. y 31,3 Kg. $\times$ m.^{2}; la comparación del precio del metro cuadrado de estos dos suelos se hace en el cuadro siguiente, en el que se prescinde del precio de la bovedilla y del ladrillo, puesto de plano en el suelo del ladrillo armado por suponerlos equivalentes:

		Cantidades.	PRECIOS — Pesetas. 1914	1919	PARTIDAS — Pesetas. 1914	1919	TOTALES — Pesetas. 1914	1919
Suelo de ladrillo armado......	Ladrillo..	1 m.²	4,00	6,00	4,00	6,00	7,62	17,44
	Hierro...	7,82	0,45	1,45	3,62	11,44		
Suelo de hierro en viguetas...		31,3	0,35	1,35	10,90	42,20	10,90	42,20

Vemos que la relación de precios en 1914 era de 0,695, y hoy, de 0,414, y que el aumento del presupuesto de un suelo ordinario, que ha sido de 286 por 100, se reduce, empleando hoy el ladrillo armado, al 60 por 100."

SECCIÓN 5.ª

CONCLUSIONES APROBADAS

PREVIA MODIFICACIÓN

PRIMERA

Laboratorios.

a) El ensayo abreviado de heladicidad, propuesto por el Laboratorio del Material de Ingenieros, ofrece garantías casi absolutas de seguridad, y debe ser tenido en cuenta por los demás laboratorios de ensayos de materiales, con el fin de llegar a la unificación de los ensayos que se efectúan en todos ellos.

b) Debe crearse y organizarse, para su más pronto funcionamiento, la Asociación Nacional de Laboratorios, fomentando en las Escuelas de Ingenieros la formación de Ingenieros ensayadores en sus tres aspectos químico, mecánico y microscópico.

c) Debe fomentarse por todos los medios la creación de laboratorios industriales en todas las grandes fábricas y talleres de construcción, con el fin de realizar en ellos los convenientes ensayos de primeras materias y productos.

d) El Estado debe crear laboratorios industriales físico-químicos extendidos por toda la Nación, tomando al efecto como base los laboratorios actualmente aislados de los fieles contrastes de pesos y medidas y de los verificadores y contadores, consignando en los Presupuestos las cantidades necesarias para instalar laboratorios y para otro central de Mecánica, Física y Química industriales.

e) Debe establecerse en el ministerio de Fomento una organización de la represión de fraudes en el nombre, origen y naturaleza de los productos químicos y agrícolas destinados a la venta, y muy

particularmente de las substancias alimenticias, nombrando al efecto una Comisión integrada por los representantes de las Escuelas técnicas, Facultades científicas y personas especializadas en estos asuntos.

SEGUNDA

Industria del frío.

Las instalaciones frigoríficas son elemento indispensable para el abastecimiento de las grandes poblaciones, y deben ser tenidas en cuenta en toda disposición relativa a mataderos, así como debe facilitarse la importación de carnes congeladas, exigiendo a las Empresas importadoras, que posean las cámaras y elementos de transporte frigoríficos que se consideren necesarios y dando publicidad a los estudios que demuestren la falsedad de ciertas campañas tendenciosas contra el uso de carnes congeladas. Asimismo debe procurarse la creación de una Asociación Española del Frío, que, a semejanza de las análogas extranjeras, coordine cuanto contribuya al progreso de esta industria.

TERCERA

Industria cerámica.

Debe organizarse una manufactura nacional de Cerámica, con Escuela aneja para ceramistas teórico-prácticos, poniendo a su frente una Comisión de técnicos, formada por los profesores de esta Industria, en las Escuelas de Ingenieros Industriales, y por los técnicos especializados que éstos propongan, y que procedan con toda urgencia a formar el inventario de primeras materias cerámicas y de productos fabricados, consignando en los Presupuestos las sumas necesarias para tales fines y para completar el material de los laboratorios de Cerámica de las citadas Escuelas.

CUARTA

Industria del cemento.

Debe procurarse la fundación de una Asociación Española de Fabricantes de Cementos que determine las zonas de venta en el interior, organice, clasifique y compruebe la producción de cada fábrica y ordene y favorezca la exportación, estudiando al efecto la implantación de nuevas fábricas, particularmente en las zonas de Zamora y Sevilla.

QUINTA

Materiales de construcción.

El ladrillo armado puede tener fecundas aplicaciones en Construcción, y debe recomendarse su estudio en los laboratorios y en la obra.

SEXTA

Fomento de las industrias químicas y físicas.

a) Que se favorezca y proteja la implantación de industrias derivadas de la hulla, comenzando al efecto por fomentar el desarrollo de las instalaciones para el lavado de carbones, base necesaria para obtener carbones en condiciones de ser aplicados satisfactoriamente en toda clase de industrias.

b) Que se organicen rápidamente *los servicios de fábricas y talleres y de industrias nuevas,* con el fin de procurar por todos los medios la implantación de las industrias relativas al aprovechamiento de aguas residuales, de la industria de las piritas españolas, de los métodos modernos de fabricación del ácido sulfúrico y de los nitratos y sales amoniacales, de la Vidriería científica y Cerámica refractaria, de la aglomeración y destilación de carbones, de la industria de las sales potásicas, de la de aluminio y colores ultramares, de las del vanadio, tungsteno, níquel y manganeso para la fabricación de aceros especiales, de las industrias de destilación seca de materias carbonosas, leñas, esquistos, basuras y residuos orgánicos, de la fabricación de perfumes, colorantes, exclusivos, y productos farmacéuticos, del caucho artificial y residuos de caucho y de la fabricación de la pasta de papel, dextrina y glucosa, llevando la protección, en casos justificados, hasta llegar a las primas a la producción durante los primeros años de la vida de tales industrias.

c) Para el acertado cumplimiento de la conclusión anterior, la Sección 5.ª ruega al Gobierno que complete el plan de reconstitución nacional que tiene presentado a las Cortes con la petición de los créditos necesarios para la rápida formación de nuestra estadística industrial, para la instalación de los laboratorios industriales físico-químicos, para la concesión de primas a las citadas industrias y para la reorganización de nuestra enseñanza técnica en orden a las industrias físicas y químicas; aplazando la discusión del referido plan hasta que pueda recoger las nuevas orientaciones que en plazo corto ha de presentarle este Congreso para su inclusión en el citado plan.

SECCIÓN 6.ª

ELECTROTECNIA

SECCIÓN 6.ª

PRESIDENTE

Excmo. Sr. D. José de Madariaga, Ingeniero de Minas.

SECRETARIO

D. Wenceslao Castillo, Ingeniero de Minas.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 17 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y cincuenta de la mañana.

El Sr. PRESIDENTE propone para las dos Vicepresidencias, conforme previene el Reglamento del Congreso, a los señores D. J. Agustín P. del Pulgar y D. César de la Mora, y para Presidentes de honor de la Sección a los Excmos. Sres. General D. José Marvá y Marqués de Echandía. Todos ellos fueron nombrados por aclamación.

A continuación dirigió un saludo a todos los señores Congresistas allí reunidos, complaciéndose en ver congregada una representación tan lucida de la Ingeniería española civil y militar, que aporta al Congreso sus ideas, estudios y trabajos al noble impulso del progreso de la Ciencia y del mejoramiento de las condiciones de nuestra Economía nacional.

Hace un breve sumario de las diferentes cuestiones que deben ser objeto de las tareas de la Sección; cuestiones, unas, tratadas por los señores Congresistas, y otras, que acaso podrán ser objeto de estudio y dar motivo a formular algunas conclusiones. A este fin, hace un examen de lo que podría llamarse, en sentido figurado, *aptitudes* de la elec-

tricidad: la de servir para la comunicación de las palabras y, por ella, del pensamiento; para el transporte de la energía; para el de viajeros y mercancías; para el análisis electrolítico y para obtener radiaciones curiosísimas empleadas en gabinetes y laboratorios, y, en fin, su empleo en motores eléctricos, que la hace indispensable a la Industria en general.

Hace historia de los progresos alcanzados en las aplicaciones de la electricidad, contrastando el rápido adelanto desde el primer tercio del siglo anterior hasta nuestros días con la lentitud de tiempos anteriores.

Pasa revista a los principales fenómenos eléctricos, de los que derivan las principales aplicaciones de este agente, que llama transformador de la energía, y que no debe contarse entre las modalidades de energía primaria existentes en la Naturaleza, ya que de las grandiosas manifestaciones eléctricas que en las tempestades se producen, todavía no se ha podido obtener aplicación industrial, pero que, como agente transformador, está dotado de tal flexibilidad, que permite hacer multiplicadas variaciones y prestarse de un modo completo a la transformación, merced a los grandes adelantos alcanzados en el empleo de aparatos y líneas.

Las modalidades principales de la energía primaria natural que el hombre puede utilizar son dos—dice—: la hidráulica y la de los combustibles minerales. En cuanto a la primera, cuenta España con una potencia bastante importante; y para que esta energía pueda ser útilmente empleada y conocer con exactitud la que realmente poseemos, cree de indudable conveniencia la formación de una estadística que permita obtener su inventario, a todas luces tan necesario como el de nuestra riqueza agrícola y minera; y si se llegara a interesar al Gobierno de la Nación en su formación, vendría, como consecuencia, el estudio complementario de la regularización de los cursos de agua que permitiera el aprovechamiento de este elemento, primero, como fuerza, y luego, como riego para los terrenos inferiores al aprovechamiento. Juzga de importancia capital dicho estudio, cuya instauración no debe retardarse, para evitar la pérdida que supone la irregularidad actual de los cursos de agua.

El interesar a los Poderes públicos en la ejecución de este plan, cree que será un fruto muy apreciable del Congreso que está celebrándose.

Pasa luego revista a otras aplicaciones, interesantísimas también, de la electricidad, cual es la de la tracción, cuyo problema ofrece tres aspectos: el técnico, el económico y el financiero, exponiendo la relación que habrá de existir entre este estudio y el que antes apuntó, relativo al inventario de los cursos de agua y a su regularización, así como completar el inventario de la riqueza carbonera.

En cuanto a la aplicación de la electricidad a las aplicaciones metalúrgicas, y aceptado ya el horno eléctrico para la fabricación del acero, estima de necesidad el ensayo de la reducción directa de los minerales de hierro por la electricidad, que ahorrará así el empleo de combustible, reduciendo éste al puramente necesario para operar la reducción y dejando a cargo de la corriente eléctrica la elevación de temperatura precisa para que la reacción se produzca.

También estima de gran importancia para nuestro país el que se multiplicaran las instalaciones hoy existentes para el afino electrolítico del cobre, lo cual permitiría obtener cobre perfectamente puro y facilitaría el desarrollo que corresponde a una producción de más de 30.000 toneladas de cobre anuales, que, en su mayor parte, se exporta al Extranjero, y que podrían servir de base a las fabricaciones de material eléctrico, para el cual cuenta nuestro país con la mayor parte de los elementos necesarios.

Dejando otros puntos de menor importancia para el interés general, expone una clasificación empírica que ha hecho de los trabajos recibidos, proponiendo, como se acuerda, que se alterne el examen y discusión de las de diferentes grupos en vez de irlas estudiando sucesivamente, al objeto de hacer más amena la tarea.

El Sr. ESPINOSA DE LOS MONTEROS, autor de la Memoria titulada "Radiogoniometría y recepción por cuadro", hace una exposición de lo tratado en la misma y ofrece desarrollar en el Ateneo, en una conferencia sobre "Telegrafía sin hilos", las ideas fundamentales de ésta, en el deseo de interesar a los cultos Ingenieros que asisten al Congreso en las aplicaciones de este sistema de transmisión y de la necesidad de que España cuente con una red de comunicaciones a distancia, para las cuales es preferible el empleo de la Telegrafía sin conductores en vista de los progresos que actualmente ha alcanzado ésta. Relata algunos de éstos que se refieren a la navegación aérea y submarina; y leídas que fueron las conclusiones de su Memoria, quedaron pendientes de votación hasta que se leyera el trabajo del Sr. Gallego, que a un tema análogo se refiere, y para kue ambos autores redacten unas conclusiones-resúmenes de ambos trabajos.

El estudio del Sr. Espinosa de los Monteros es, en resumen, el siguiente:

"RADIOGONIOMETRIA Y RECEPCION POR CUADRO

Por D. José Espinosa de los Monteros, *Oficial de la Armada.*

El paso de gigante dado durante la última guerra en cuanto a la Radiotelegrafía y a la Radiotelefonía se refiere, movió al autor a dar publicidad a un folleto a raíz de haber visitado distintos Centros profesionales del Extranjero.

En dicho folleto hallará el lector erratas de imprenta que pueda salvar con facilidad, incorrecciones y tolerancias científicas consideradas procedentes en aras de la brevedad de los cálculos, aridez en el trabajo y, por fin, redacción deficiente, reflejo de las condiciones del autor. Este confía en la benevolencia de quien leyere.

En la primera parte, dedicada a la dirección de las señales emitidas, se reseña a la ligera el fundamento de los principales sistemas ensayados para conseguir la realización práctica de tan importante problema. Se estudia también, algo más en detalle, el sistema de antenas dirigidas, que es el que hasta hoy mejor resuelve el problema, cuando se trata de comunicar a largas distancias.

Como resultado de observaciones llevadas a cabo en la ría de Marín con diversas unidades de la segunda División de Instrucción de la Escuadra (aparentemente en contradicción con teoría sustentada), se propone para los barcos el ensayo de un sistema de antenas que, aprovechando el alcance máximo en determinada dirección, reduzca, en parte, las perturbaciones que pueda causar en estaciones receptoras con las cuales no se esté en comunicación.

En la segunda parte, dedicada a los aparatos empleados para conocer la dirección de las ondas recibidas, se hace someramente, y con bastantes tolerancias científicas y matemáticas, el estudio analítico y gráfico de los sistemas de goniómetros más empleados hoy día.

Consistiendo la principal aplicación de los goniómetros en fijar la situación de una nave en el mar o en el aire, y admitiendo el problema dos soluciones—goniómetros fijos en tierra y goniómetros a bordo—, de ambos sistemas se da sucinta idea, analizándose además sus ventajas e inconvenientes.

Se describen algunos de los aparatos usados hoy día, y se incluye un proyecto original de radiogoniómetro para barcos, que parece resolver prácticamente y con rapidez el interesante problema de la situación.

Se ha fijado atención preferente en los goniómetros situados en tierra, tanto en los de uno, como en los de dos cuadros, por haberse demostrado su utilidad práctica durante la última guerra. Han dado, en

efecto, a conocer con exactitud la situación de las naves enemigas en cuanto éstas comunicaban con sus bases de operaciones, y han permitido dar a los barcos amigos su situación al hallarse próximos a la costa y con tiempos cerrados. Ello ha contribuído en mucho a la disminución de la campaña submarina en los últimos meses de la contienda y al feliz arribo a puertos europeos de los transportes de tropas norteamericanas.

Para la experimentación, se proponen la orientación más conveniente de los goniómetros de dos cuadros en casos particulares y un devanado de las espiras de los cuadros de recepción, con objeto de reducir en todo lo posible su zona de silencio.

Finalmente, se ponen de manifiesto los enormes progresos obtenidos combinando la emisión con onda continua (en especial alternadores de alta frecuencia) con la recepción por cuadro. También se incluye un proyecto para establecer la rápida comunicación radiotelegráfica entre un Estado Mayor y los distintos servicios de él dependientes, en el supuesto de hallarse distantes los aparatos transmisores de la recepción y de haber en las proximidades de ésta una estación perturbadora.

* * *

La posición geográfica de España, la necesidad de mantener continua comunicación con sus provincias insulares, colonias y protectorado en Marruecos, el compromiso moral y la material conveniencia de facilitar las comunicaciones rápidas con el resto del Mundo, en especial con las Repúblicas sudamericanas, ponen sobre el tapete el problema de establecer en nuestra patria una red de comunicaciones rápidas a distancia.

Inglaterra, Alemania, Francia y los Estados Unidos de América, entre otras potencias, abordaron análogo problema con anterioridad a la aparición de la Telegrafía sin hilos en su aspecto práctico, y lo resolvieron del único modo entonces posible: por medio de los cables submarinos. Pero desde hace algunos años, al tratar de establecer nuevas comunicaciones con sus colonias y suscitarse la competencia entre el sistema de cables y la T. s. H., se inclinan resueltamente por ésta aun aquellas potencias que, por tener el dominio del mar, pueden garantizar en tiempo de guerra las comunicaciones de sus súbditos y los intereses de sus Compañías cableras. Y si, como rara excepción, se establecen nuevas líneas submarinas a grandes distancias, no suelen ser ajenos a ello los intereses creados por Compañías que representan capitales de gran importancia.

El hecho de que casi todas las Compañías cableras sean, por regla

general, principales accionistas de las Compañías de T. s. H., demuestra que las consideran rivales temibles en las comunicaciones intercontinentales, a más de ser las únicas que permiten comunicar con naves en movimiento.

No poseyendo España, desgraciadamente, el dominio del mar, no cabe duda en la elección de su sistema de comunicaciones intercontinentales. Es además de relativa urgencia el establecimiento de una potente red de T. s. H., si no queremos que, por la razón suprema *quia nominor leo,* se repita la interrupción o intervención sufrida en nuestras comunicaciones exteriores durante la pasada guerra, en que tanto debió haber sido respetada y agradecida la neutralidad española por ambos bandos beligerantes.

Las más elementales razones de orden político obligan a todo Gobierno legalmente constituído a estar en comunicación con las capitales y con los principales centros de actividad de la Nación, siendo para ello de utilidad suma una red secundaria de radioestaciones de reducida potencia que, con escaso personal, reemplace las comunicaciones telegráficas al sufrir éstas interrupción por temporal, "sabotage" u otra causa.

Complemento de esta red secundaria pudieran ser las radioestaciones que para su servicio instalasen Compañías de ferrocarriles, explotaciones de saltos de agua, Compañías mineras, etcétera.

Por último, se hace necesario el establecimiento de estaciones radiogoniométricas y de radiofaros en sitios adecuados, para facilitar la navegación marítima y aérea en la jurisdicción nacional y sus proximidades.

* * *

Como consecuencia de cuanto queda dicho, cree el autor sería de la mayor importancia el nombramiento por el Gobierno de una Comisión que propusiera las soluciones más prácticas y acertadas sobre las cuestiones siguientes:

1.ª Instalación, en el centro de la Península, de una estación de T. s. H. de gran potencia, capaz de comunicar en todo tiempo con la América latina.

2.ª Instalación, en nuestras posesiones del Golfo de Guinea, en Canarias, en Baleares y en el Protectorado de Marruecos, de estaciones radiotelegráficas necesarias para corresponder en todo tiempo con la central de la Península, aprovechando desde luego el material útil actualmente existente.

3.ª Instalación, en los centros importantes de la Nación, de estaciones radiotelegráficas y radiotelefónicas de poca potencia, capaces de establecer la comunicación entre ellas.

4.ª Instalación de los radiogoniómetros necesarios para poder marcar la situación de las naves que lo deseen o cuya posición interese al Gobierno; instalación de radiofaros útiles a la navegación marítima y aérea y de estaciones que suministren datos meteorológicos, horarios, etcétera, y determinación de las tasas a percibir por dichos servicios, con objeto de que no resulten onerosos para el Estado.

5.ª Facilitar la instalación de radioestaciones por Empresas particulares para su uso exclusivo, señalando las condiciones que hayan de reunir, tales como orientación de sus antenas, empleo de ondas continuas puras en la transmisión, longitudes de onda que hayan de emplear para no causar perturbaciones en las demás recepciones, etcétera.

6.ª Fijar las condiciones que hayan de llenar todas las nuevas instalaciones que se monten en España; y

7.ª Crear un Centro con abundante material y con el personal indispensable para seguir los progresos de la T. s. H. e ir, en lo posible a la cabeza de ellos.

Este Centro pudiera radicar en la estación de gran potencia y encargarse además de dar instrucción gratuita a cuantos la solicitaran. Cabría difundir esa instrucción haciendo compatibles las horas de práctica y enseñanza con las de los talleres de la localidad. Podría crearse así un núcleo de personal competente que, a cambio de recibir instrucción gratuita, quedara obligado, durante un número de años prudencial, a prestar servicio cuando el Gobierno lo necesitase urgentemente y previa la remuneración adecuada. Trocaríase con ello de una vez para siempre, y en beneficio de la Nación, la decantada fórmula de "respetar derechos adquiridos" (asidero de todo funcionario del Estado) por la de "respetar obligaciones contraídas", que, de llegar a ponerse de moda como la anterior, llevaría a nuestra patria al esplendor que merece, y que de corazón le desea todo español.

Finalmente, debiera la referida Ponencia preparar el terreno para exponer el deseo y la conveniencia de España en materia de T. s. H., en la próxima Conferencia internacional. Seguramente, se tratarán en ésta asuntos de tanta transcendencia y tanto interés como los siguientes:

1.º Substitución de la mayoría de las actuales estaciones de T. s. H. por otras de onda continua pura (alternadores de alta frecuencia y válvulas de vacío).

2.º Diversas gamas de longitudes de onda reservadas a los distintos servicios de navegación, aviación, señales meteorológicas, horarios, etcétera, etc.

3.º Longitudes de onda reservadas a cada nación para uso de sus estaciones de servicio interior, radiofaros, etc., etc.

4.° Patrones para contrastar los ondámetros de las distintas estaciones, y unificación de estos patrones en todos los países.

5.° Verificación de la longitud de onda de los diversos servicios por personal competente, que tuviera además la obligación de fiscalizar el cumplimiento por todas las estaciones de lo dispuesto en Convenios internacionales y en preceptos nacionales, sobre longitud de onda, emisión de señales, llamadas reglamentarias, etc., etc.

6.° Penalidades que se hayan de imponer a las estaciones que no se atengan a las disposiciones vigentes."

El Sr. AZPIAZU, uno de los autores de la ponencia titulada "Magnetismo terrestre", expone la utilidad de poseer buenas cartas magnéticas, que son necesarias para muchas aplicaciones de la Ingeniería, y cuyos trabajos, para que sean de mayor valor, deben ser realizados en el más breve plazo posible. No entra en detalles técnicos y de ejecución por haberse impreso una Memoria que contiene todos ellos, y que está a disposición de los Congresistas que lo soliciten. Da luego lectura al trabajo y a las conclusiones del mismo, que sin discusión y por unanimidad son aprobadas.

Dice así el trabajo de los Sres. Azpiazu y Rodrigo Gil:

"MAGNETISMO TERRESTRE

Por D. Ubaldo de Azpiazu y D. Rodrigo Gil, *Ingenieros*.

Las múltiples, variadas e importantes aplicaciones de la aguja imanada a la navegación superficial y submarina, a la orientación en viajes de exploración, a los levantamientos topográficos, fundamento a su vez de otras grandes aplicaciones de la Ingeniería, a los deslindes de predios y demarcación de minas, etc., etc., hacen preciso el perfecto conocimiento, y para él, un cuidadoso estudio de la declinación e inclinación magnéticas y sus variaciones periódicas y anormales.

Por otra parte, según todas las referencias, las coordenadas magnéticas han sido utilizadas, y seguirán siéndolo, para fijar el lugar de las aereonaves, que pueden así volar de noche, a grandes alturas, sin referencia alguna sobre el suelo, utilizando en sentido inverso las cartas magnéticas; es decir, que si éstas han sido construídas para deducir los elementos magnéticos de un lugar conocido en fecha determinada, podrán servir para deducir la situación de este lugar conocidas aquéllas en el momento dado; lo que soluciona uno de los más importantes problemas que afectan a la locomoción del porvenir.

El descubrimiento y localización de masas magnéticas del subsuelo

es aplicación de los levantamientos magnéticos, hecha práctica en España, como lo es el estudio de las grandes deformaciones, antiguas y modernas, del suelo y la naturaleza de sus rocas.

El estudio del Magnetismo terrestre se relaciona también íntimamente con la Meteorología (corrientes atmosféricas; nubes, principalmente cirrus; variaciones de presión, temperatura, humedad, etcétera, etcétera), y con la Cosmografía, por su íntima relación con las manchas del Sol, acción de los rayos solares y otros fenómenos terrestres, tales como electricidad atmosférica y sus consecuencias, tan importantes como poco conocidas, auroras boreales, etcétera.

Por otra parte, el estudio de la intensidad, dirección y cambios de tan importante fuerza natural, puede, sin duda, aportar importantes elementos aprovechables para la vida de la Humanidad (ya algún médico afamado establece relaciones justificadas entre el Magnetismo terrestre y la patología de los nervios y el cerebro), ya en el terreno de la Ciencia pura, fácil es colegir su importancia, no sólo por su esencia y potencia, sino por sus conexiones conocidas y vislumbradas con otras ciencias.

Comprendiéndolo así los sabios de todos los países cultos, consiguieron que sus Gobiernos, y entre ellos el de España, conviniesen entre sí un estudio universal del Magnetismo, su distribución sobre la superficie de la Tierra y su representación cartográfica; y si la gran guerra ha venido a interrumpir este acuerdo científico-diplomático, es de presumir y desear que no habrá podido conseguir que cesen indefinidamente las buenas relaciones entre los pueblos, y mucho menos aquellas que, cual esta de que tratamos, sólo al bien de la Humanidad se encamina

El Instituto Geográfico se encargó del estudio del Magnetismo en España, y en el año 1912 comenzó el levantamiento del Mapa magnético de nuestro territorio, que continúa con lentitud, por dificultades administrativas y económicas, que también retrasan la proyectada instalación de un Observatorio Magnético en Alcalá de Henares.

La terminación de este mapa en plazo breve, que aumentaría las garantías de su exactitud, es indispensable por el auxilio que puede prestar a tantas ciencias relacionadas con la Ingeniería, y después, el constante estudio de las variaciones periódicas y anormales, y el más detenido de las regiones donde se observen perturbaciones, es también de igual importancia, que tiene asimismo la divulgación de estos trabajos entre los profesionales, que han de encontrar en ellos grandes aplicaciones prácticas, a más de indudable importancia científica.

Estas razones han obligado a los Ingenieros que suscriben a redactar un trabajo, demasiado modesto en relación con la mentalidad de los

que habrán de leerle y juzgarle, que someten al Congreso, justificando este pretendido honor, si no en su originalidad e importancia, en las razones antes indicadas.

La bondad del Excmo. Sr. D. José de Elola, actual Director general del Instituto Geográfico, hace que éste se haya encargado de imprimirle y repartirle gratuitamente entre los Congresistas a quienes interese, razón por la que nos creemos dispensados de extractarle aquí, limitándonos a dar el índice de sus capítulos, que es:

I.—Importancia del estudio del Magnetismo terrestre y sus aplicaciones.
II.—Datos históricos.
III.—Cartografía magnética.
IV.—Trabajos aislados hechos en España.
V.—Observatorios magnéticos en España.
VI.—Proyecto de Mapa magnético de España, levantado por el Instituto Geográfico.
VII.—Descripción de los aparatos empleados.
VIII.—Determinación de sus constantes.
IX.—Modo de observar.
X.—Cálculo de las observaciones.
XI.—Estado actual de los trabajos.

Como consecuencia, tienen el honor de proponer al Congreso adopte las siguientes

CONCLUSIONES

Primera. Que se comunique al Gobierno la importancia de este trabajo y de su pronta terminación, encareciéndole la necesidad de que, a este fin, le preste los necesarios auxilios económicos y la debida atención para poder terminarle en el plazo máximo de cuatro años.

Segunda. Que se le estimule asimismo a construir inmediatamente el proyectado Observatorio de Alcalá de Henares y, más tarde, otros dos en el sur y nordeste de España, para completar, con el del Ebro, establecido en Tortosa, la red conveniente.

Tercera. Que, una vez terminadas las observaciones necesarias para el Mapa, se continúen los trabajos de campo para estudiar la variación secular y, con todo el detenimiento debido, las regiones donde se señalen perturbaciones, para localizar éstas e investigar en lo posible sus causas.

* * *

Es de nuestro deber hacer constar que en los Directores generales del Instituto Geográfico, y muy especialmente en el actual, hemos encontrado todas las facilidades y ayuda necesarias para cumplir nuestra misión de observadores y cartógrafos, y sólo la penuria de la dotación del Presupuesto y las dificultades independientes de su voluntad, pero inherentes a nuestra máquina administrativa, justifican la anterior proposición de conclusiones."

Usó luego de la palabra el Sr. BERASALUCE, quien leyó el trabajo que a continuación se publica, y cuyas conclusiones quedaron pendientes de votación hasta que fuera leído el trabajo del Sr. Mayoral, que también toca una cuestión análoga:

"REDES COLECTORAS PARA EL TRANSPORTE DE LA ENERGIA ELECTRICA

Por D. MIGUEL BERASALUCE.

La Memoria que tengo el honor de someter al examen y deliberación de este Congreso no es del orden especulativo, sino del práctico, forjada en la consideración de que de esta Asamblea deben salir soluciones concretas para muchos de los problemas que se han de plantear con motivo de los inmediatos planes de la llamada *reconstitución nacional.*

Uno de los de más vital importancia es el del aprovechamiento máximo de nuestros recursos hidroeléctricos, siendo tan transcendental la resolución de este problema, que hasta el público profano la admite como evidente. Por ello, sería molestar inútilmente vuestra atención y agraviar vuestra mentalidad el querer exponer razones que justificasen la importancia del problema.

Sentada la necesidad de movilizar los recursos hidroeléctricos de nuestro país, nos encontramos con que, en la actualidad, hay en explotación aprovechamientos que, en conjunto, producen unos 300.000 kilovatios, y que, según cálculos aproximados, las disponibilidades existentes ascienden a la cifra de 2.000.000 de kilovatios.

Ahora bien: dentro de este total, podemos distinguir dos categorías de aprovechamientos, según su importancia: en primer lugar, los que, por la cuantía de la energía que en ellos puede producirse, permiten su explotación aislada mediante la construcción de líneas de transporte de gran longitud que conduzcan la energía a los centros de consumo; y en segundo lugar, podemos considerar aquellos aprovechamientos de potencia más limitada, para los que la construcción de una línea de trans-

porte de alguna importancia supone una carga financiera que dificulta, y en muchos casos impide, desarrollar el negocio de la explotación del aprovechamiento.

Difícil es señalar la línea divisoria de las dos categorías en que hemos dividido los aprovechamientos; pues no pueden darse normas fijas; pero, desde luego, podemos incluir en la categoría inferior todos los aprovechamientos de potencia inferior a 3.000 kilovatios de estiaje para cuya explotación se necesite construir líneas cuya longitud exceda de 150 kilómetros.

Y si establecidas estas dos categorías de aprovechamientos hidráulicos, examinamos el inventario de los aprovechamientos disponibles en nuestro país, veremos que más de una tercera parte pertenecen a la segunda de las categorías que hemos señalado.

Los grandes aprovechamientos tardan en construirse, por las dificultades de orden económico que suponen las grandes movilizaciones de capital que exigen para su desenvolvimiento; pero paulatinamente se van construyendo, a medida que se va ampliando el mercado; pues son negocios que cuentan con vida propia, y, desde luego, se apresuraría su construcción si se les dieran resueltas las dificultades económicas que supone el transporte de la energía.

No constituyen negocios de vida propia los aprovechamientos que hemos incluído en la segunda categoría; pues exigen, para su explotación, la construcción de costosas líneas de transporte, con el correspondiente desembolso inicial, agrandado con los gastos anuales de conservación y vigilancia, que, como es consiguiente, tienen que ser de importancia. Esto motiva el que estos aprovechamientos no se construyan; pues el negocio de su explotación no ofrece garantías suficientes al capital que en ellos se haya de invertir.

Estos aprovechamientos no pueden subsistir como explotaciones aisladas, y es preciso asociarlos o proporcionarles un medio común de transporte que, aplicado al servicio de varios de ellos, reduce para cada uno el coste de primera instalación y los anuales de conservación y vigilancia.

Esto se logra con el establecimiento de redes o líneas colectoras, que, recogiendo la energía de diversos aprovechamientos, constituyan ya en su agrupamiento un núcleo importante de fuerza que haga viable la construcción de una larga línea de transporte a los centros de consumo.

Las ventajas que de ello se derivan saltan a la vista. En primer lugar, se aminora el capital de instalación, no sólo conceptuado en conjunto, sino en la parte proporcional que a cada aprovechamiento correspondería en el caso de construir sus medios de transporte por separado. Además de esto, se disminuyen notablemente los gastos de explotación

al disminuir los de conservación y vigilancia, que se reparten ahora entre varios aprovechamientos. Por otra parte, se mejora notablemente el factor de carga de cada aprovechamiento; pues, en general, no coinciden los máximos y mínimos del consumo, repartiéndose las oscilaciones entre los varios saltos que trabajan acoplados a la misma red. Por último, si se trata de aprovechamientos de cuencas hidrográficas distintas, y aun, a veces, dentro de una misma cuenca, se obtiene una regulación mutua entre los diversos aprovechamientos al no coincidir los períodos de escasez de aguas, y en las épocas de avenidas, al incrementarse notablemente la potencia de los saltos de altura, cuando los de gran caudal y pequeña altura ven aminorada su potencia disponible.

Sentadas estas ventajas, vamos a señalar, aun cuando sea en esquema, el plan que cabría seguir para la implantación de las redes colectoras.

Ante todo, creemos debe hacerse en cada región, con detenimiento y lo más exactamente posible, el inventario de los recursos hidroeléctricos que puedan ponerse en explotación, calculando, por medio de concienzudos aforos, la potencia disponible en diversas épocas del año, como base para la agrupación y acoplamiento de los diversos aprovechamientos, completándose con el estudio del establecimiento de centrales térmicas a base de combustibles de difícil transporte. Fijada la potencia y situación de cada aprovechamiento, de explotación conveniente, se estudiaría el trazado de una línea colectora que enlazase entre sí estos aprovechamientos. Según la cuantía de la potencia reunida, esta línea colectora podría ir directamente a un centro de consumo, constituyendo una colectora principal, o podría reunirse con otras colectoras secundarias, con objeto de dar nacimiento entre varios a una colectora principal. Las colectoras principales, construídas desde luego a voltajes superiores a 100.000 voltios, unificados para todas las regiones, deberían enlazarse entre sí, constituyendo este enlace la red general de primer orden que abarcará toda la Península, y a cuya red general pueden conectarse directamente los grandes aprovechamientos, aun cuando tengan líneas propias.

Las líneas colectoras secundarias permitirán, no sólo el aportar las potencias de los aprovechamientos de inferior cuantía a la red general, sino que, además, permitirán satisfacer en sus recorridos las necesidades de los pequeños centros de consumo y difundir en todo lo posible el empleo de la energía eléctrica, con las ventajas que no he de enumerar; pues hablo a profesionales.

Movilizada ya la energía eléctrica, el objeto perseguido con la creación de las redes colectoras se completaría con el establecimiento de redes de distribución, cuya construcción y explotación, al menos en los

grandes centros de consumo, habría de acometerse por las mismas entidades que construyeran y administraran las redes colectoras, no sólo mirando al capital elevado que supone el establecimiento de las redes de distribución, sino considerando ventajoso y hasta necesario el que sea una sola entidad la que fiscalice la producción, transporte y distribución de la energía. Esto no obstante, pueden subsistir aisladamente el productor que genera la energía en su aprovechamiento y la entrega en la red colectora, la entidad que recibe esta energía y la transporta y otra entidad que la derive de la red colectora y se encargue de distribuirla. Pero a nadie se le ocultará que el rendimiento máximo del conjunto se obtendría asumiendo las tres funciones mencionadas una sola entidad.

Expuesto en líneas generales nuestro plan sobre el establecimiento de redes colectoras, hemos de ocuparnos de la tentativa de ensayo que, con el mencionado objeto, acometió el ministerio de Fomento, a fines del pasado año, encomendando el estudio del asunto a la Comisión permanente española de Electricidad. Cumpliendo el encargo recibido, esta docta Comisión emitió en el corriente año un luminoso informe, concretado en un proyecto de ley para la construcción de una red nacional de distribución de corriente eléctrica; proyecto que, seguramente, ha naufragado en el proceloso mar de nuestros decantados planes de reconstitución nacional; pues ni siquiera se le menciona entre todos los proyectos y planes más o menos *reconstituyentes* que se han formulado, con ocasión del próximo presupuesto extraordinario.

En dicho proyecto de ley se preveía la construcción de una red nacional análoga a la que nosotros hemos llamado de primer orden, que, con una longitud de unos 4.500 kilómetros, enlazase los centros productores con los de consumo. Pero esta red, por las condiciones de elevado voltaje a que estaba proyectada y por la disposición de su trazado favorece más la construcción de los grandes aprovechamientos que la de los que hemos incluído en la categoría inferior, y cuya construcción debe también fomentarse, por constituir en conjunto más de la tercera parte, y casi podíamos decir la mitad de las reservas hidroeléctricas disponibles.

Así, pues, nuestra opinión es que, a la par que la red principal o de primer orden, deben ejecutarse las redes colectoras secundarias. Decidida la construcción de la red principal y secundarias, se presenta el problema de designar la entidad o entidades que deban construirlas y explotarlas, ofreciéndose desde luego, como soluciones inmediatas, la construcción y explotación por el Estado, la construcción y explotación por entidades particulares, o la solución mixta de construcción por el Estado y explotación por entidades particulares.

Desde luego, la construcción y explotación por el Estado nos parece inadmisible; pues tratándose de una obra industrial, no es aconsejable su explotación por el Estado, a la vista de los resultados alcanzados en la explotación por el Estado de las industrias, no sólo en nuestro país, sino en el Extranjero.

No es admisible tampoco la construcción y explotación de esas redes por Compañías o entidades particulares; pues daría origen a monopolios y situaciones de privilegio de unos aprovechamientos sobre otros, desde el momento en que la entidad que construyera las redes pudiera, como es natural, disponer de ellas a su libre arbitrio. Queda la solución de la construcción por el Estado, mediante ayuda directa o indirecta, y su explotación por entidades o Compañías particulares. Esta solución es la que más nos satisface, estableciéndola en la forma y condiciones que enunciaremos.

Desde luego, creemos que el Estado debe cooperar a la construcción de las redes, tanto de primer orden como secundarias, y si no directamente, por la cuantía a que ascendería el total de su coste, contribuir indirectamente a su construcción, garantizando un interés remunerador al capital que en ellas se invierta, y hasta concediendo subvenciones kilométricas.

Con este aliciente, es seguro se constituyan entidades para llevar a cabo la construcción de las redes; pero siendo la explotación de éstas un asunto ligado íntimamente al de la producción de la energía que por ellas se ha de transportar, creemos que lo más racional sería la construcción y explotación de estas redes por sindicatos o agrupaciones formadas por los mismos productores de energía eléctrica. Con ello se conseguiría desde luego una orientación inicial más acertada al plantearse los proyectos de construcción, puesto que nadie mejor que los mismos productores, dentro de cada región, para conocer las necesidades presentes y las futuras, y se obtendría una compenetración automática de los diversos aprovechamientos que se traduciría en una mejor regularización, con el consiguiente aumento de rendimiento de los mismos. Necesítase, por otra parte, que la entidad encargada de la explotación de las redes de transporte pueda dirigir y regular el funcionamiento de las centrales que trabajen acopladas a sus redes; y esta autoridad no puede obtenerse sin dar lugar a intromisiones molestas sino cuando sean los mismos productores los que dirijan la explotación de las redes. Es éste un extremo de capital importancia; pues el trabajo de las diversas centrales debe regularse por una dirección única, so pena de exponerse a contingencias y reclamaciones de los unos productores contra los otros; y de esto puedo dar fe con testimonios reales; pues he tenido bajo mi dirección centrales de cuatro Compañías

distintas, trabajando acopladas sobre una sola red de transporte, y he tenido que intervenir en solucionar numerosos incidentes que, en un principio, provocó el funcionamiento autónomo de las centrales. De estos diversos incidentes voy a relatar uno, de cuya sola enunciación deduciréis las consecuencias. Sabido es que en el trabajo en paralelo de varios alternadores sobre circuitos con carga inductiva se puede variar a voluntad el factor de potencia de uno cualquiera de los alternadores, modificando su corriente de excitación; pero el aumento o disminución de corriente deswatiada que experimenta ese alternador se verifica a expensas de alterar en sentido inverso el funcionamiento de los otros alternadores que trabajen en paralelo con él. Así, pues, imaginaos varias centrales acopladas en paralelo trabajando sobre la misma red y en período de estiaje en el que cada central aquilata en lo posible el rendimiento de sus máquinas, y suponed que una de ellas, o varias, ven que, eliminando amperes deswatiados, pueden llevar la carga con un grupo o grupos menos, trabajando entonces las turbinas a su máximo rendimiento. La consecuencia natural será que, otra u otras centrales, se cargarán esos amperes deswatiados que han eliminado las otras, y tendrán que poner más grupos en marcha, bajando el rendimiento global de la instalación. En estas circunstancias, he podido comprobar que, mientras unas centrales trabajaban con un factor de potencia igual a la unidad o muy prximo a él, las otras centrales tenían como factor de potencia de o'60 a o'65. Con la sola enunciación de esto, omito comentar las reclamaciones e incidentes a que puede dar lugar el trabajo en paralelo de diversos aprovechamientos sobre una misma red, si la entidad que explote ésta no tiene facultades y autoridad suficiente para intervenir en el trabajo de los diversos aprovechamientos.

Por ello, a mi juicio, los organismos que construyan y exploten las redes colectoras de transporte deben estar constituídos por la sindicación de los productores de energía eléctrica.

Ahora bien: dado que el Estado coopera a la construcción de las redes, debe tener su intervención, dentro de los organismos encargados de su explotación, que, a la vez, pueda dirimir con absoluta ecuanimidad las discrepancias surgidas entre los productores y evitar que los sindicatos poseedores de los medios de transporte pongan trabas a la construcción de nuevos aprovechamientos, para monopolizar a su favor el mercado de energía.

Con este fin, podrían constituirse, dentro de cada región, los sindicatos de producción, transporte y distribución de energía, con el carácter de sociedades anónimas, con capital variable, que iría aumentando a medida que fuera mayor el número de kilómetros de red que fueran construyéndose. Estos sindicatos construirían las líneas colectoras prin-

cipales y secundarias, mediante un proyecto estudiado por ellos para satisfacer las necesidades propias de la región, y el enlace con las redes principales de las regiones vecinas, en condiciones de establecer con ellas el intercambio de producción y consumo. El Estado contribuiría a la construcción de las redes, bien con una cantidad fija en concepto de subvención kilométrica, o prestando la garantía de un interés remunerador al capital que en ellas se invirtiera.

Tanto en uno como en otro caso, el Estado debe intervenir, tanto en la constitución como en el régimen de estas sociedades.

Su intervención en la constitución pudiera circunscribirse a la aprobación de los estatutos sociales, tarifas de peaje para el transporte de la fuerza y estipulación de los cuadros de pérdidas de fuerza en el transporte; pérdidas que, como es natural, hay que descontar a los productores que transporten energía para las redes colectoras.

A esta intervención previa del Estado, debe acompañar la intervención activa, en el desenvolvimiento de la Sociedad, mediante la facultad de nombrar el Estado un representante suyo, dentro del Consejo de Administración, que asuma el cargo de Presidente del mismo, con las atribuciones que se considere necesario otorgarle, para la mejor defensa de los intereses generales, cuya representación ostenta.

Los sindicatos de producción, transporte y distribución de energía eléctrica estarán facultados para acometer por su cuenta, no sólo la construcción de las redes colectoras, sino también la de los aprovechamientos térmicos o hidráulicos que crean convenientes y las redes de distribución en los centros de consumo. Pero, en todos los casos, deberán llevar una administración separada en todo lo que se refiera a la construcción y explotación de las redes colectoras, cuyos ingresos han de responder, tanto del interés como de la amortización del capital con que el Estado coopere a su construcción, y cuyos pormenores variables, según los casos, quedarán suficientemente detallados en los estatutos por que se rija cada sociedad.

Hemos expuesto en líneas generales, tanto la constitución como el funcionamiento de estos sindicatos, por creer que nuestra misión debe ser exponer esquemáticamente la idea; pues estimamos que, dada su transcendencia, su desarrollo debe concretarse y orientarse definitivamente en esta Asamblea, donde sobran personalidades que, con más capacidad que el autor de esta ponencia, completan definitivamente las ideas que hemos esbozado.

Y antes de pasar a concretar los puntos expuestos en este escrito, vamos a exponer, para que sirva de orientación, una recentísima ley que se ha promulgado en Francia con análogos fines, pero con carácter obligatorio.

El Ministro de Trabajos Públicos, de Francia, M. Clareille, presentó el 2 de septiembre pasado a la Cámara de Diputados, y fué aprobado por unanimidad, un proyecto modificando la ley de 1906 sobre distribuciones eléctricas, añadiéndole un artículo que, en su parte más esencial, dice:

"Con el fin de asegurar una utilización más completa y una mejor repartición de la energía eléctrica, tanto si ésta proviene de centrales térmicas, como hidráulicas, el Estado, si él no toma la iniciativa, podrá *obligar* a los productores y, si es preciso, a los distribuidores de energía, a los Departamentos, Municipios y Servicios públicos de una región, a constituir bajo su dirección, y en el caso probable con su concurso financiero, un organismo colectivo especial para construir y explotar una red de líneas de transporte a alta tensión, destinadas principalmente a enlazar las centrales productoras entre sí y con las subestaciones de transformación de donde parten las líneas de distribución."

Como veis, en Francia se han implantado con carácter obligatorio organismos análogos a los que proponemos; y el criterio del Gobierno, en este asunto, es tan radical, que ha decretado que no se otorguen nuevas concesiones de líneas eléctricas si los peticionarios no se comprometen a aceptar su doble empleo con las líneas objeto de la disposición anterior.

Como aplicación primera de esta ley, se van a construir las redes de transporte de los Departamentos arruinados por la guerra y las redes de transporte de las nuevas explotaciones del Ródano, cuyos detalles, por estar en período de constitución, no se nos han podido facilitar para exponerlos al conocimiento del Congreso.

Como resumen de lo expuesto en esta Memoria, tenemos el honor de someter a la deliberación de esta Asamblea las siguientes

CONCLUSIONES

PRIMERA. Solicitar del Estado la constitución de los sindicatos de producción, transporte y distribución de la energía eléctrica, para que éstos construyan y exploten las redes colectoras de energía eléctrica.

SEGUNDA. Auxilio directo o indirecto del Estado para la construcción de dichas redes colectoras.

TERCERA. Reglamentación de las atribuciones y obligaciones de los sindicatos, dándoles, a ser posible, el carácter de sociedades anónimas, con capital variable.

CUARTA. Forma en que deba constituirse el Consejo de Adminis-

tración que ha de regir estas sociedades, e intervención del Estado en el mismo.

QUINTA. Conveniencia de que dichos organismos, auxiliados por las dependencias técnicas del Estado, formulen, dentro de la esfera de acción de sus respectivas regiones, los proyectos conducentes al mejor aprovechamiento de la energía, tanto hidráulica como térmica, hoy sin explotar; y respecto a la actualmente en explotación, estudien las soluciones para el enlace de redes y unificación de tensiones, con objeto de facilitar los fines propuestos en esta ponencia, que son fomentar la mayor producción posible de energía eléctrica y facilitar su distribución."

Acto seguido, doce y treinta de la mañana, se levanta la sesión.

El Ministro de Trabajos Públicos de Francia, M. Claveille, presentó [illegible] a la Cámara de Diputados [illegible] modificando la ley de 1906 [illegible]

[illegible]

[illegible] plotar una red de líneas de transporte a alta tensión, destinadas principalmente a enlazar las centrales productoras entre sí y con las subestaciones de transformación de donde parten las líneas de distribución.

Como veis, en Francia se han implantado con carácter obligatorio organismos análogos a los que proponemos; y el criterio del Gobierno, en este asunto, es tan radical, que ha decretado que no se otorguen nuevas concesiones de líneas eléctricas si los peticionarios no se comprometen a aceptar su doble empleo con las líneas objeto de la disposición anterior.

Como aplicación primera de esta ley, se van a construir las redes de transporte de los Departamentos arruinados por la guerra y las redes de transporte de las nuevas explotaciones del Ródano, cuyos detalles, por estar en período de construcción, no se nos han podido facilitar para exponerlos al conocimiento del Congreso.

Como resumen de lo expuesto en esta Memoria, tenemos el honor de someter a la deliberación de esta Asamblea las siguientes

CONCLUSIONES

PRIMERA. Solicitar del Estado la constitución de los sindicatos de producción, transporte y distribución de la energía eléctrica, para que éstos construyan y exploten las redes colectoras de energía eléctrica.

SEGUNDA. Auxilio directo o indirecto del Estado para la construcción de dichas redes colectoras.

TERCERA. Reglamentación de las atribuciones y obligaciones de los sindicatos, dándoles, a ser posible, el carácter de sociedades anónimas con capital variable.

CUARTA. Forma en que deba constituirse el Consejo de Adminis-

ACTA DE LA SESION DEL DIA 18 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y cincuenta de la mañana.

El Sr. RIAZA (D. Eduardo) dió lectura a su trabajo, cuyas conclusiones fueron aprobadas sin discusión y por unanimidad de los señores Congresistas asistentes a la sesión. Dice así el referido trabajo del Sr. Riaza:

"SOBRECARGAS EN LOS CONDUCTORES DE LAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS

Por D. EDUARDO RIAZA Y TOLOSA, *Jefe de línea de Telégrafos.*

IMPORTANCIA DE LAS SOBRECARGAS

Los conductores de las líneas eléctricas aéreas, cuando la atmósfera está agitada, sufren la presión del viento, y en invierno se recubren de nieve y escarcha. Estas influencias perjudiciales constituyen el más grave inconveniente de las líneas aéreas, porque su peso adicional actúa considerablemente sobre el conductor, llegando a romperle. La seguridad de las líneas exige que se tengan en cuenta, y su estudio es de gran interés; y si en lo que se refiere a la presión del viento se ha llegado a conclusiones bastante completas, no es así en lo que atañe a las otras sobrecargas, por la falta de datos prácticos sobre ellas; resultando verdaderamente extraordinario que, en todas partes y especialmente en los parajes en que anualmente sufren las líneas sus funestos efectos; no se hayan realizado experiencias que permitan saber con certeza la magnitud de dichas sobrecargas.

Es de gran importancia para la seguridad de las líneas conocer la mayor sobrecarga que, combinada con la acción del frío, puede producir el esfuerzo más crítico que ha de soportar el conductor, haciendo intervenir en el cálculo ambos efectos simultáneamente. El procedi-

miento de considerarlos por separado, o el que es aún más general de tener en cuenta únicamente la temperatura mínima, no dan más que una seguridad dudosa, y aunque elevando el coeficiente de seguridad obtengamos mayor garantía, es a costa de aprovechar mal el material.

Claro es que no hemos de ocuparnos en este trabajo de los fenómenos extremadamente violentos y poco frecuentes, como los ciclones, los aludes, etcétera, cuyo poder destructor es casi invencible.

Sobrecarga de nieve y escarcha.

La nieve cae a una temperatura de 0°, o ligeramente inferior, y se deposita con gran facilidad sobre los conductores; su densidad es muy variable; la mayor parte de las obras de construcción admiten 0,125. Angot, en su *Tratado de Meteorología,* la hace oscilar de 0,03 a 0,14, y Picou, en su *Manual de canalizaciones eléctricas,* adopta 0,2.

La nieve recubre el hilo, lo rodea completamente, y comprimida por la que sigue cayendo, termina por formar un cordón de 5 a 6 cm. de diámetro, que pesará 565 gramos, suponiendo la densidad 0,2 y siendo la temperatura 0°.

Cuando la nieve se precipita, la temperatura desciende, y el cordón de nieve que rodea al hilo se hiela y comprime, presentando entonces el conductor mayor superficie a la nieve que continúa cayendo. Suponiendo que la capa de hielo tuviera 2 cm. de diámetro, y que, alrededor de ésta, se formara un manguito de nieve de 6 cm. de diámetro, se tendría una sobrecarga de 583 gramos, admitiendo 0,9 para la densidad del hielo y 0,14 para la de la nieve, coincidiendo esta sobrecarga con una temperatura de —2° a —3°.

Una de las nevadas más intensas registradas cayó en Dresde, el 20 de enero de 1900; la nieve húmeda se precipitó en copos gruesos y apretados. La temperatura era 0°. Los hilos se recubrieron de una capa de hielo que, en un conductor de 1,5 mm., alcanzó un diámetro de 1,5 centímetros, sobre la que continuó cayendo la nieve. La sobrecarga pesó 580 gramos. La mayor parte de los hilos se rompieron, y muchos tejados sufrieron grandes desperfectos.

La densidad de la escarcha depende del frío y de la humedad del aire y, por tanto, de la rapidez del desenvolvimiento de esta sobrecarga. Como la escarcha es una superposición de láminas de hielo y de aire, se puede admitir la densidad 0,3 que indica Prece en su obra *The Telephone,* aunque Picou adopta 0,9, confundiendo, probablemente, para mayor seguridad, el hielo con la escarcha.

El Ingeniero de Telégrafos belga M. Pierard publicó en *L'Electri-*

cien de 14 de abril de 1900 el resultado de unas experiencias efectuadas por él, según las cuales, un hilo de bronce fosforoso de 2 mm. se recubrió de una capa de escarcha de sección elíptica, cuyos ejes medían 28 y 36 mm., pesando 49 gramos por metro; lo que representa una densidad de 0,062 y dos hilos del mismo metal de 1,4 mm. en los cuales la sobrecarga, de sección casi circular de 33 mm. de diámetro aproximadamente, alcanzó un peso de 60 gramos por metro, siendo, en este caso, la densidad 0,069.

Como se ve, los datos que hemos podido reunir difieren bastante; y hasta que mayor número de experiencias permita conocer el valor máximo de la densidad de la escarcha, admitiremos la cifra 0,3 y 5 cm. para el diámetro del manguito formado; lo que representa una sobrecarga de 589 gramos por metro, sensiblemente igual a la calculada para la nieve. Esta sobrecarga se produce próximamente a —20°.

Partiendo de la sobrecarga de nieve de Dresde, a que antes hemos hecho referencia, el sabio Jefe de Telégrafos suizo M. Auguste Pillonel, en su interesante trabajo sobre "La determinación de la longitud de los vanos de las líneas eléctricas aéreas", publicado en *Journal Telegraphique,* año 1915, ha deducido, para las sobrecargas-límites en los hilos más usuales, los siguientes valores:

Para hilos de 1,5 mm.	600	gramos.
— de 2 —	768	—
— de 3 —	1.062	—
— de 4 —	1.296	—
— de 5 —	1.468	—

Presión del viento.

El viento ejerce una presión sensiblemente horizontal sobre el hilo; suponiendo que la velocidad sea igual en todos sus puntos, la presión que actúa sobre el conductor puede considerarse como una sobrecarga uniformemente repartida. Componiendo el peso del conductor y la presión del viento, el peso aparente por metro lineal será:

$$p' = \sqrt{p^2 - q^2}$$

siendo p el peso por metro de hilo y q la presión del viento también por metro.

La fuerza del viento es proporcional al cuadrado de la velocidad multiplicado por una constante:

$$q = \mathrm{K} \cdot v^2$$

Los valores de esta constante varían según los diferentes experimentadores, desde 0,054, según Cailletet y Calardeu, hasta 0,015 en la fórmula de Aubuisson.

La intensidad máxima de la presión del viento difiere mucho según las regiones, la altitud, la configuración del terreno, etcétera. En todos los formularios se encuentran tablas que dan las presiones del viento para las diferentes velocidades.

Cuando la sección es circular, la presión se reduce a causa de la composición de fuerzas oblicuas y de la desviación de los filetes gaseosos sobre una superficie cilíndrica. El coeficiente de reducción varía de 0,57 a 0,70.

En España, el reglamento de instalaciones eléctricas prescribe una presión de 125 Kg. por metro cuadrado y un coeficiente de reducción igual a 0,7 para las superficies cilíndricas.

En general, los vientos son más frecuentes en primavera y otoño, y los más intensos no suelen producirse a bajas temperaturas.

Sobrecargas combinadas.

En los conductores pueden presentarse combinadas estas sobrecargas que acabamos de examinar separadamente.

Un viento de 10 a 12 metros por segundo basta para hacer caer del conductor la nieve y la escarcha. Sin embargo, para destruir el cordón de hielo que se forma alrededor de un hilo, sería menester que la velocidad del viento fuese mayor. En este caso, habría que agregar a la sobrecarga de hielo la del viento, pero de una presión muy inferior a su intensidad máxima.

Las sobrecargas-límites de nieve o escarcha se producen cuando la atmósfera está tranquila; por esta razón, la coincidencia de ellas con la del viento ofrece muy pocas probabilidades de llegar al valor-límite que hemos admitido.

La sobrecarga de escacha crece con la superficie del conductor; la de nieve, con el diámetro; pero en los hilos delgados, la nieve envuelve toda la superficie, pudiendo admitirse que, prácticamente, la sobrecarga de nieve, así como la de escarcha, crecen con $2\pi r$. Hemos visto que la presión del viento aumenta con el diámetro. Por otra parte, la resistencia mecánica del hilo depende de la sección πr^2. Eliminando el factor π, se ve que la sobrecarga crece con $2r$, y la resistencia con r^2. Los hilos de grueso diámetro son, por tanto, ventajosos con relación a las sobrecargas.

Conveniencia de substituir en el cálculo de la tensión el coeficiente de seguridad por el límite de elasticidad.

Los esfuerzos que soportan las líneas eléctricas aéreas son esencialmente variables; la tensión de los conductores se modifica constantemente, ya sea por grados insensibles, según las variaciones de la temperatura y durante las nevadas y heladas, o bien por cambios bruscos producidos por ráfagas de viento. Todas estas variaciones repercuten sobre los postes; y cuando se rompen los conductores, se produce en ellos un rápido aumento de trabajo.

Estas consideraciones ponen de manifiesto que, así como en ciertas construcciones en que los esfuerzos son muy variables, alternativos, repetidos o rítmicos, conviene modificar, para mayor seguridad y economía del material, la regla rígida de un coeficiente de seguridad único para todas las partes de la misma obra, en lo que a las líneas eléctricas se refiere, es necesario modificar también los procedimientos, y siguiendo las nuevas ideas expuestas por Pillonel en la obra antes citada, abandonar el error que supone fijar el coeficiente de seguridad en función de la carga de ruptura, procurando que la tensión no sobrepase el límite de elasticidad; pues no hay que olvidar que en las ecuaciones de estabilidad de los hilos aéreos interviene la elasticidad del metal y no la carga de ruptura. Se evita así que el conductor pierda resistencia y experimente alargamientos permanentes, que son causa de importantes averías.

Influencia de la temperatura sobre la tensión.

La variación total de la longitud de un conductor correspondiente a una variación de temperatura, viene dada por la fórmula (Gerard: *Leçons sur l'Electricité*):

$$\delta t + \frac{\varepsilon}{s}(T' - T) = \frac{a^2 p^2}{24}\left(\frac{1}{T'^2} - \frac{1}{T^2}\right)$$

en la que representan:

- T = la tensión-límite a la temperatura mínima.
- T' = la tensión que se busca.
- δ = el coeficiente de dilatación lineal.
- t = el número de grados de variación de la temperatura.
- ϵ = el coeficiente elástico del conductor.
- s = la sección del conductor.
- p = el peso del conductor por metro.
- a = el vano.

La anterior ecuación puede ponerse también bajo la forma:

$$t = \left(\frac{a^2p^2}{24\delta T'^2} - \frac{\varepsilon}{s\delta} T' \right) - \left(\frac{a^2p^2}{24\delta T^2} - \frac{\varepsilon}{s\delta} T \right)$$

es decir, $t = f(T') - f(T)$.

La función $f(T)$ se reduce a una constante, puesto que no contiene la variable T'. La variación $f(T) - f(T)$ vendrá representada por la curva $f(T')$, desplazada sobre uno de los ejes la cantidad constante $f(T)$.

Examinando la fórmula anterior, se advierte que una variación de la temperatura producirá una variación de la tensión tanto menor cuanto mayores sean los factores $\frac{a^2p^2}{24\delta}$ y $\frac{\varepsilon}{s\delta}$ lo que demuestra que los grandes vanos son favorables. Se observa también en las dos funciones que el primer término es muy pequeño con relación al segundo, en el que la elasticidad del conductor desempeña el papel principal; por lo tanto, un conductor resistirá mejor la influencia del frío cuanto más elevado sea el coeficiente de alargamiento elástico del metal.

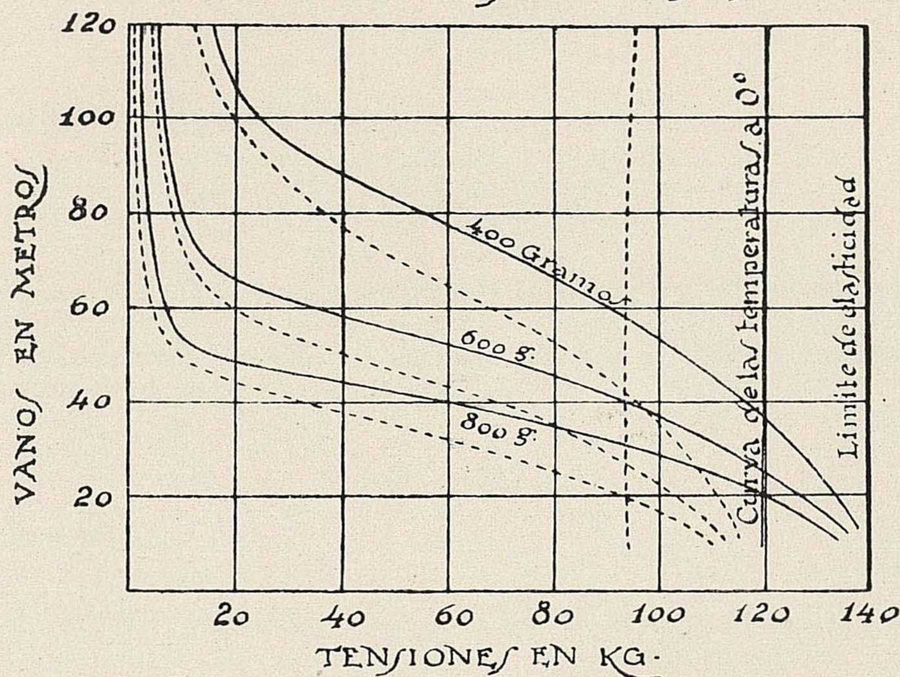
Es, pues, necesario conocer el esfuerzo a que ha de estar sometido el hilo cuando se produzca la más baja temperatura. Admitiendo que ésta sea —35°, cifra a que puede llegarse excepcionalmente en España, el esfuerzo máximo que ha de soportar el conductor no debe ser superior al límite de elasticidad del metal; podemos partir de esta base para calcular la tensión correspondiente a diferentes temperaturas en los distintos vanos para un mismo conductor.

En el diagrama (figura 1.ª) están trazadas con tinta roja las curvas de las temperaturas. A — 35° tendremos una recta correspondiente al límite de elasticidad, que es constante, y a 35° la curva es próximamente paralela a la de 0°. Estas dos curvas vuelven su convexidad hacia el eje de las XX, demostrando que los grandes vanos son ventajosos.

Variación de la tensión producida por una sobrecarga.

Considerando la fórmula general de la tensión $T = \frac{a^2p}{8f}$ se advierte que la tensión experimenta las mismas variaciones que el peso del conductor; pero éste no es rigurosamente exacto, porque la intervención de la elasticidad modifica esta ley. En efecto: si la tensión aumenta a causa de una sobrecarga, también aumenta la longitud del hilo una pequeña cantidad.

Hilo de bronce de 2 m-m.



La longitud del hilo, antes de la sobrecarga, era:

$$L = a + \frac{a^3 p^2}{24 T^2}$$

y después de la sobrecarga:

$$L' = a + \frac{a^3 p'^2}{24 T'^2}$$

y la variación de longitud es, pues,

$$L \; - L = \frac{a^3}{24}\left(\frac{p'^2}{T'^2} - \frac{p^2}{T^2}\right)$$

designando p' y T' el peso del hilo con sobrecarga y la tensión resultante.

Pero toda variación elástica en un conductor de sección s por unidad de longitud viene expresada por

$$\frac{\varepsilon}{s}(T' - T)$$

Por tanto,

$$L' = L + L\frac{\varepsilon}{s}(T' - T) \quad \text{y} \quad L' - L = L\frac{\varepsilon}{s}(T' - T)$$

Igualando los dos valores de $L' - L$ y reemplazando L por a, en lo que no se comete gran error, tendremos:

$$\frac{\varepsilon}{s}(T' - T) = \frac{a^2}{24}\left(\frac{p'^2}{T'^2} - \frac{p^2}{T^2}\right)$$

y transformando esta ecuación, se obtiene:

$$T'^3 + T'^2\left(\frac{a^2 p^2 s}{24 T^2 \varepsilon}\right) = \frac{a^2 p'^2 s}{24 \varepsilon}$$

que nos da la tensión máxima que ha de soportar el conductor a consecuencia de la sobrecarga.

Tensión de montaje.

Admitiendo que la mayor tensión que haya de soportar el conductor ha de ser igual al límite de elasticidad, podemos poner la ecuación bajo la forma:

$$T^3 + T^2\left(\frac{a^2p'^2s}{24T'^2\varepsilon} - T\right) = \frac{a^2p^2s}{24\varepsilon}$$

de donde deduciremos para cada vano la tensión que debe darse al conductor antes de la sobrecarga, a 0° aproximadamente, con objeto de que, cuando se produzca la sobrecarga máxima, alcance esta tensión un valor igual al límite de elasticidad. Conocida esta tensión a 0°, podemos, partiendo de ella, calcular la que debe darse al hilo a temperaturas diferentes.

En los gráficos establecidos por Pillonel, uno de los cuales reproducimos (figura 1), están representadas las curvas de las sobrecargas a 0° (en negro), y las de las tensiones a 35° (en azul), considerando tres valores de p'. Examinando estas curvas, se advierte que las tensiones disminuyen a medida que el vano aumenta, haciéndose notar más cuanto mayor es la sobrecarga; lo que demuestra que los vanos pequeños son ventajosos con relación a las sobrecargas.

Vano mínimo.

La intersección de la curva de las temperaturas y la de las sobrecargas indica el menor vano admisible, con el cual, manteniéndose la tensión de montaje correspondiente a 0°, el esfuerzo mayor que habría de soportar el conductor producido por una sobrecarga máxima o por un descenso de 35 grados de la temperatura sería igual al límite de elasticidad.

Pero este vano no tiene interés práctico, porque resulta peligroso tender fuertemente los hilos, no siendo absolutamente preciso. Disminuyendo la tensión, se aumenta la capacidad de sobrecarga, y también puede alargarse el vano.

Vano económico.

La curva presenta dos puntos de inflexión: el primero, próximo al límite de elasticidad, no ofrece ningún interés práctico; no es así el segundo, que se obtiene haciendo igual a 0 el coeficiente del término T^2.

En este caso, se tiene el vano en que la tensión está cerca del mínimo, o sea, el vano máximo:

$$a = \sqrt{24 \frac{\varepsilon}{s} \frac{T'^3}{p'_2}}$$

En esta fórmula no figura la temperatura; lo que prueba que el aumento de la longitud del vano ha de calcularse partiendo de las sobrecargas; pues la acción de la temperatura produce únicamente en el conductor variaciones de tensión más notables en los pequeños vanos que en los grandes.

Siguiendo la curva de las sobrecargas, se advierte que, a medida que nos aproximamos al segundo punto de inflexión, los vanos aumentan; pero la tensión disminuye rápidamente, pudiendo llegar a ser exagerado el valor de la flecha y producir cruces.

Utilizando el procedimiento de coeficiente de seguridad en función de la carga de ruptura, puede ocurrir que mientras ese coeficiente vale para la más baja temperatura, 4 por ejemplo, para una sobrecarga-límite sea inferior a la unidad. Esto se evita partiendo del límite de elasticidad para la más baja temperatura y para la sobrecarga-límite; y así, cuanto mayor queramos hacer el vano, será menor la tensión para conseguir la misma seguridad, beneficiándose ésta con relación a la temperatura, porque los grandes vanos son favorables. De este modo, obtenemos un grado de seguridad igual a 1 con relación a la sobrecarga-límite, y superior con relación a la más baja temperatura.

A continuación copiamos los cuadros calculados por Pillonel, en los que figuran las tensiones 0° y 35° para diferentes vanos e hilos, las flechas a 35° y los valores particulares relativos al segundo punto de inflexión para las sobrecargas-límites.

En este último se advierte que algunas flechas resultan exageradísimas

Será, por tanto, necesario reducir el vano, teniendo en cuenta la altura y resistencia de los postes, número y clase de los hilos de las líneas y aumentos probables, cálculo sencillo, y que nos llevará al vano económico.

CONCLUSIONES

De todo lo expuesto se deduce la conveniencia de que la Dirección general de Telégrafos y las Compañías de Electricidad dispongan se efectúen experiencias que permitan darnos cuenta exacta del valor de las sobrecargas de nieve y escarcha en las diferentes regiones de España; y abandonando el coeficiente de seguridad en función de la carga de ruptura, que no da más que una garantía ilusoria en lo relativo a

las sobrecargas, utilizar el procedimiento expuesto, adoptando—hasta que se disponga de estadísticas—los valores-límites consignados anteriormente cuando se trate de líneas que requieren una seguridad máxima, y otros intermedios para las de menor importancia; procurando, al efectuarse los trabajos, comprobar las tensiones y que el alambre no sufra desperfectos, con el fin de que no disminuya el límite de elasticidad a consecuencia de golpes o rozaduras."

Vano en metros.	Bronce. — 1,5 mm.	Bronce. — 2 mm.	Bronce. — 3 mm.	Bronce. — 4 mm.	Bronce. — 5 mm.	Hierro. — 3 mm.	Hierro. — 4 mm.	Hierro. — 5 mm.
				Tensiones a 35° C. en kilogramos.				
10	72,49	110,31	263	442,42	447,18	176,44	281,02	435,20
20	59,20	95,26	249,66	428,76	424,15	141,89	244,90	402,55
30	37,17	68,04	225,90	400,36	386,08	85,70	185,99	348,84
40	9,35	32	193,60	374,93	333,76	32,30	111,80	276,42
50	4	11,79	152,46	334,66	269,42	20,06	61,80	194,90
60	3,19	7,45	104,54	286,47	200,60	16,95	46,12	131,77
70	2,88	6,37	59,65	231,08	144,70	15,63	40,07	101
80	2,72	5,96	37,44	172,97	113	14,90	37,12	87,25
90	2,63	5,70	29,42	122,76	96,70	14,44	35,46	79,74
100	2,56	5,53	24,71	91,50	87,60	14,13	34,40	75,20
110			23,76	75,34	82,20			
120			23	66,13	78,30			
				Tensiones a 0° en kilogramos.				
10	85,60	134,58	315,34	535,44	592,23	253,39	417,82	648,94
20	72,30	118,50	301,98	521,75	568,95	218,65	381,33	615,81
30	50,20	91,19	278,16	499,23	530,29	161,02	320,79	560,79
40	19,20	53,93	245,71	467,62	476,51	83,41	237,32	484,35
50	4,86	16,47	204,10	427,07	408,32	28,82	138,70	388,04
60	3,46	8,59	154,23	377,94	327,83	20,25	70,98	278
70	3,02	6,89	98,82	320,41	241,70	17,37	50,30	178,15
80	2,81	6,27	54,06	256	169,06	16	42,82	123,20
90	2,69	5,90	35,92	189,50	126,34	15,21	39,20	99,60
100	2,61	5,68	29,20	132,44	105	14,71	37,03	87,90
110			25,91	96,91	93,60			
120			23,93	78,50	86,50			
				Flechas a 35° C. en metros.				
10	0,0027	0,0032	0,0030	0,0032	0,0049	0,0039	0,0044	0,0044
20	0,0135	0,0147	0,0126	0,0130	0,0206	0,0194	0,0202	0,0189
30	0,0484	0,0463	0,0314	0,0315	0,051	0,072	0,060	0,049
40	0,342	0,175	0,065	0,0598	0,1048	0,340	0,177	0,110
50	1,25	0,742	0,129	0,1046	0,203	0,855	0,501	0,244
60	2,26	1,691	0,271	0,176	0,393	1,46	0,952	0,52
70	3,40	2,69	0,647	0,297	0,741	2,15	1,512	0,922
80	4,71	3,75	1,345	0,518	1,238	3,16	2,133	1,394
90	6,16	4,97	2,165	0,924	1,856	3,87	2,83	1,93
100	7,81	6,33	3,19	1,53	2,50	4,86	3,60	2,53
110			4,01	2,25	3,22			
120			4,93	3,05	4,03			

VALORES PARTICULARES RELATIVOS AL SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN

CLASE DE HILO	p' en Kg.	Vano en metros.	Tensión a 0° en Kg.	Flecha a 0° en metros.	Tensión a 35° en Kg.	Flechas a 35° en metros.
Bronce 1,5 mm......	0,616	45,8	7,97	0,53	5,23	0,80
Idem 2 íd.........	0,796	50,96	15,06	0,603	10,10	0,90
Idem 3 íd.	1,125	82,7	46,80	1,15	34,40	1,564
Idem 4 íd.........	1,408	108,7	99,84	1,65	76,6	2,16
Idem 5 íd.	1,643	87,4	134,87	1,24	100	1,67
Hierro 3 íd.	1,117	47,7	35,58	0,44	21,4	0,73
Idem 4 íd........	1,395	59,2	73,67	0,58	46,9	0,93
Idem 5 íd.........	1,620	77,7	136,35	0,84	91,2	1,26

Pasó luego el Sr. MAYORAL (D. Diego) a desarrollar su tema, denominado "Interconexión y electrificación general en España", leyendo la Memoria presentada al efecto, que se publica a continuación, y ofreciendo además al examen de los señores Congresistas el gráfico con que acompañaba su labor, que terminó con la lectura de las conclusiones, que, igualmente y por aclamación, fueron aprobadas.

"INTERCONEXION Y ELECTRIFICACION GENERAL EN ESPAÑA

Por D. Diego Mayoral, *Ingeniero de Caminos.*

LA ELECTRIFICACIÓN EN DISTINTOS PAÍSES

La guerra europea, que tan intensos males ha producido, no ha dejado, por otra parte, de avivar en compensación las energías colectivas, arrollando obstáculos tradicionales y poniendo de manifiesto la conveniencia o necesidad de impulsar la ejecución de proyectos cuya realización parecía remota antes de 1914. Así, vemos, en Francia, orientarse decididamente el Estado en el sentido de la intervención o participación en las empresas de interés general, adelantando capitales a entidades privadas. Gracias a esta cooperación oficial, se han puesto allí en explotación durante la guerra, o están próximos a completarse, aprovechamientos hidroeléctricos que suman cerca de 1.000.000 de caballos. Con esta base, y por la iniciativa privada de las tres grandes Compañías de ferrocarriles de "Orleans", "Midi" y "Paris-Lyon-Mediterranée", prepara un vastísimo programa de electrificación de 10.000 kilómetros de líneas y de interconexión de las centrales mencionadas, para cuyo estudio, aquel "Ministère des Travaux Publics" nombró una Comisión especial en noviembre de 1918.

Respecto al resto de Europa, conocemos poco lo hecho por los *Países Centrales,* aunque seguramente habrán aumentado o creado nuevas centrales, principalmente térmicas, destinadas a subvenir a las necesidades de la guerra. Por referencias sueltas que han llegado hasta nosotros (1), sabemos que en Alemania se ha ejecutado el transporte de fuerza de 128 kilómetros longitud, Golpa-Berlín a 110.000 voltios, con gigantescas unidades de turbogeneradores y transformadores hasta 60.000 K. V. A. de potencia. El telégrafo ha anunciado últimamente que el nuevo Gobierno alemán se propone llegar a la electrificación total de los ferrocarriles, estableciendo grandes centrales térmicas situadas en los centros hulleros interconectados.

Tal vez sean los *Países Escandinavos* aquellos en los que la electrificación ha hecho mayores progresos; verdad es que disponen, distribuidos por todo el territorio, de numerosos saltos, cuya potencia total se hace ascender a cerca de 12 millones de caballos, y su aprovechamiento resulta el más barato del Mundo. Noruega importaba antes de la guerra, para sus industrias, unos 3 millones de toneladas de hulla, poco menos que España; pues bien: a pesar de las dificultades originadas por la conflagración, tuvieron sus hombres previsión y energía suficientes para electrificar, durante ella, cerca de un millón de HP., que aplicados a la tracción e industria, substituyeron al carbón, de tal modo, que la importación de éste es hoy allí insignificante.

En *Inglaterra,* no han adquirido importancia los grandes transportes de fuerza; sin duda, porque, hasta ahora, se ha dispuesto, en este país, de carbón abundante y barato en cualquier punto del territorio. Sin embargo, aquellos políticos, contagiados también del estatismo a la moda, estudian nada menos que la nacionalización total de la producción de electricidad, y, con ella, el establecimiento de una red general de interconexión.

Una Comisión, la "Water Power Resources Committee", nombrada en junio 1918, ha propuesto al efecto, por el pronto, el aprovechamiento de nueve saltos de agua en Escocia, capaces de suministrar 183.500 kilovatios constantes, y cuyo coste de construcción ascendería a unos 177 millones de pesetas.

Suiza, estimulada por la penuria de carbón, ha creado nuevos aprovechamientos hidroeléctricos importantes durante la guerra, con aplicación a las necesidades industriales y domésticas. Después de estudios realizados del modo metódico y concienzudo que distingue a sus técnicos, el Gobierno Federal procede a la ejecución de la primera sección

(1) W. Petersen: *Die Hochspennungsstrassen der Elektrezitaet.* (Publicado en la Elektrotechnische Zeitschrift, Nr, 150. Feb., 1919.)

(Erstfeld-Bellinzona, 109 Km.) del gran proyecto de electrificación del San Gotardo, con centrales hidroeléctricas especiales y corriente monofásica de 16 2/3 períodos; instalación de interés técnico e industrial extraordinarios. En cuanto a la interconexión, se ha fundado con carácter semioficial la "Société Suisse pour le Transport et la Distribution d'Electricité", en Berna, cuyo objeto es realizar aquélla y explotar los negocios de ella derivados, empezando por establecer una línea de interconexión entre las centrales del Nordeste y las Bernesas de la Confederación.

La interconexión ha sido también muy discutida y estudiada los últimos años en *Norteamérica,* llegándose, sólo por la acción privada, al acoplamiento de las centrales que servían extensas regiones. También allí, al padecer las dificultades derivadas de la guerra—congestiones de las líneas de ferrocarril, falta de fuerza para la creación de factorías destinadas a la fabricación electroquímica de los productos demandados por las industrias militares, etcétera—, han reconocido la necesidad de promover una intensa cooperación entre las entidades hidroeléctricas, centralización de la producción, interconexión y electrificación de las líneas férreas.

La más notable interconexión de aquel país es la realizada en la región norte y central de California (Pacífico) (1), que abarca unos 600 por 300 kilómetros, o 200.000 kilómetros cuadrados, es decir, tanto como los 2/5 de España. En ella han tomado parte cuatro grandes Compañías, poseedoras del 90 por 100 del suministro total de electricidad de la región, comprendiendo el transporte de fuerza de Big-Creek a Los Angeles, hoy el más notable del Mundo, como después mencionaremos. Los datos principales de esta extensa interconexión son:

Centrales hidroeléctricas interconectadas, 26.
Idem térmicas, 7.
Potencia total instalada en las anteriores, 400.000 kilovatios.
Potencia producida en 1917, 1.600 mill. kw.-h.

Cantidades que sobrepasan el consumo total de España. Es también digna de mención esta gran red, por la diversidad de los sistemas interconcertados; probando este hecho cuán flexible es la corriente alterna para lograr los más variados acoplamientos. Citaré, en fin, como dato curioso de la instalación, que 65.500 kilovatios son transportados y suministrados a la ciudad de San Francisco, a través de su bahía, con *cables submarinos.*

En *España,* aparte de varias electrificaciones de menor cuantía eje-

(1) *Proceedigns of the American Institute of Electrical Engineers.* Dec., 1918.

cutadas en distintas regiones, las más importantes han sido las establecidas desde 1912 hasta la fecha entre los Pirineos y Cataluña, cuya potencia total, con las reservas térmicas, llega a unos 200.000 kilovatios, y su capacidad de producción, a 1.500 millones de kilovatios-hora anuales; esto es, mayor que el consumo total del resto de la Nación. Planes de interconexión en grande escala no tengo noticias de que existan, o no se han publicado, salvo el bosquejado en el informe de la Comisión de Electricidad, antes citado, aunque, con anterioridad a la aparición de este documento, no han faltado excitaciones para establecerlos, sin llegar a concretarse por circunstancias diversas.

POSIBILIDAD DE LA INTERCONEXIÓN A GRANDES DISTANCIAS

El acoplamiento de instalaciones, o centrales eléctricas, alejadas a menos de 200 kilómetros, no ofrece dificultades técnicas; su rendimiento comercial tampoco tiene duda, puesto que el coste de la línea grava relativamente poco a la energía intercambiada. Por este motivo, la interconexión, dentro de regiones con 300 kilómetros entre puntos más distantes, es la primera que debe promoverse y realizarse; sus grandes ventajas, tales como compensación de estiajes y consumos, utilización máxima de embalses, reserva para casos de reparaciones o averías, economías de explotación, etcétera, justifican y cancelan sobradamente los sacrificios exigidos por las instalaciones suplementarias de enlace.

Pero cuando la distancia de interconexión excede de los 200 Km. citados, empiezan a ser dudosas, en condiciones ordinarias, aquellas ventajas. Técnicamente, transportes de fuerza, p. e., de 100.000 kilovatios a 1.000 kilómetros, son hoy perfectamente realizables; pero estas condiciones extremas exigen la adopción de sistemas más complicados que de ordinario, los cuales, encareciendo sensiblemente, por su propia naturaleza, el coste unitario de la transmisión, ponen en entredicho su rendimiento económico.

Veremos después que una línea trifásica de transporte de 3 por 200 mm.^{2}, con 1.000 kilómetros de longitud, a 180 — 150.000 voltios y 16 2/3 períodos, alimentada por centrales y alimentando estaciones receptrices distanciadas unos 350 kilómetros, tiene una potencia de transmisión de unos 100.000 Kw.; es decir, que por un trozo de 350 Km. de esta línea, se podrían transportar en condiciones técnicas admisibles 3.100.000 kilovatios.

Una línea de esa longitud, que podría cruzar la Península Ibérica de extremo a extremo, estimo costaría, a precios cercanos a los que actual-

mente rigen, alrededor de 55 millones de pesetas. ¿Sería rentable una instalación de esta clase? Suponiendo que existan los consumidores necesarios, capaces de pagar un sobreprecio de unos 1,5 cts. pta. por kilovatio-hora transmitido, desde luego que sí; pues los 100.000 kilovatios en 6.000 horas anuales de utilización producirían un ingreso bruto de 9 millones de pesetas próximamente, 16,4 por 100 del capital invertido, muy suficiente para enjugar pérdidas y gastos de explotación y proporcionar buena remuneración al capital.

Este cálculo, aunque superficial, indica bien a las claras que la dificultad del establecimiento de las grandes líneas de interconexión, más que de índole técnica, radica en España en la falta de centros de gran consumo, porque si se exceptúa la región catalana, donde la potencia absorbida llegará pronto a 200.000 kilovatios, difícilmente podrán reunirse los 100.000 kilovatios de potencia y 600 millones de Kw.-h. anuales a lo largo de la línea hipotética de 1.000 kilómetros, trazada por cualquier parte de la Península, que ha servido de base a nuestro cálculo.

Claro es, pensando con racional optimismo, que la existencia de tales líneas contribuiría poderosamente a promover los negocios industriales; pero, a mi juicio, no debemos hacernos sobre este punto grandes ilusiones: el capital privado inactivo que hoy podría invertirse en negocios de electrificación es, ciertamente, abundante; pero no lo es menos que exige también mayores garantías y más cuantiosos rendimientos que nunca. Al Estado español, agobiado por tanta petición de sus organismos y de la economía nacional, ansiosos de reconstitución y mejora, tampoco cabe exigirle grandes sacrificios para una obra cuyo éxito hay que fiarlo a la audacia e iniciativa del capital, hoy, desgraciadamente, cohibido por las luchas societarias y atento principalmente a las fáciles y pingües ganancias que proporciona la especulación.

De aquí que sea indispensable, a mi entender, asociar el proyecto de interconexión a otro no menos importante, como es el de electrificación de los ferrocarriles, convirtiendo las líneas del primero en las primarias de alimentación del sistema que, en definitiva, se adopte para la tracción eléctrica. Con esta combinación, el coste de líneas a cargo de la interconexión propiamente dicha sería reducido, y podríamos contar en un futuro próximo con el gran cliente o consumidor necesario para que la instalación resulte rentable. Suponiendo que el tráfico anual en vía española de ancho normal llegue, después de la electrificación, a 4 millones de toneladas por kilómetro, incluso peso de tren (1), el tráfico

(1) En 1917, M.-Z.-A. hizo 23.088.351 trenes-kilómetros, o para trenes de 350 toneladas, próximamente, 8.054 millones de tons.-Km., con 3.663 Km. de líneas, correspondiendo, próximamente, 2,20 millones de toneladas al kilómetro.

en los 1.000 Km. consumiría, a razón de 60 vatios-hora por ton.-Km., próximamente, 240 millones de Kw.-h. en la línea primaria. Aun cuando esta cantidad se redujese algo porque el tráfico no ascienda a lo que hemos supuesto, todavía constituiría base suficiente para hacer viable el establecimiento inmediato de grandes líneas de interconexión.

No hay que olvidar tampoco que los ferrocarriles marcan las directrices de la Industria, y, por consiguiente, constituyendo ellos y la interconexión factores esenciales del desarrollo económico-industrial, forzosamente en la práctica han de aparecer asociándose y completándose, de tal modo, que el trazado de las líneas eléctricas, por su mayor flexibilidad, deberá, en cierto modo, plegarse al de nuestras principales vías férreas.

Admitido lo anterior, consignaré la siguiente consecuencia, base del esquema general de interconexión que propongo:

"Las grandes líneas de interconexión han de ser aptas para la electrificación de los ferrocarriles y formar parte del sistema general de la misma."

Preveo en este estudio, aun cuando no sea esencial para sus conclusiones, que el sistema de electrificación de los ferrocarriles españoles sea el de corriente alterna monofásica de baja frecuencia, p. e., de 16 2/3 períodos, como se ha adoptado en Alemania y Suiza, a mi juicio, el más a propósito para grandes líneas de tráfico medio como las nuestras. Las cuestiones que afectan al motor en serie de corriente alterna con conmutador para tracción, par de arranque, decalaje, rendimiento, regulación, recuperación de energía, etcétera, se han resuelto hoy muy satisfactoriamente, a pesar de contar, relativamente al de corriente continua, pocos años de existencia.

TRAZADO DE LAS GRANDES LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN

En el adjunto croquis del mapa de España, indico el trazado de las líneas que llamo de primero y segundo orden, el cual, con arreglo al principio anteriormente establecido, se ajusta aproximadamente al de las líneas de ferrocarril. Las eléctricas de primer orden siguen las de ferrocarril, que llamaremos centrales o interiores de la Península, pertenecientes a las Compañías del Norte y M.-Z.-A. Llamamos de segundo orden a las periféricas de importancia secundaria, como la del Oeste, próxima a la frontera portuguesa, y la que sigue el litoral Este. Se han señalado con flechas y círculos los puntos probables de alimentación de la red con energía hidroeléctrica (H), o bien térmica (T), procedente de los saltos o criaderos de hulla o lignito, situados en la región adyacente.

Prescindo de las líneas de interconexión regional, que podríamos llamar de tercer orden, porque entiendo que las mismas deben establecerse en combinación con las grandes líneas existentes y de acuerdo con las entidades industriales a que pertenecen.

En el cuadro que cierra este capítulo, se resumen las longitudes y composición de los diferentes sectores en que se ha dividido la red total. Forman las de primer orden:

1.° *El sector Noroeste,* que alimentaría los sistemas de electrificación de los ferrocarriles del Norte y Noroeste, y podría ser alimentado por los grandes saltos de las cuencas del Duero, Miño y Ebro superior, y por energía térmica procedente de las minas de León, Asturias y Santander.

2.° *El sector Nordeste,* que serviría a los ferrocarriles de igual orientación, pertenecientes a las Compañas del Norte y M.-Z.-A., y sería alimentado por los saltos del Ebro medio, Pirineos y Tajo superior, y por energía procedente de las minas de lignito de la cuenca inferior del Ebro y de Teruel.

3.° *El sector Sur* comprende el triángulo Madrid-Sevilla-Sierra Nevada, alimentándose por los saltos del Tajo medio, Guadalquivir y Sierra Nevada, y desde las minas de Puertollano, Córdoba y Sevilla.

Para el estudio técnico de la interconexión, son interesantes las longitudes entre puntos extremos de la red; por ejemplo:

Longitud de la línea de interconexión Duero-Pirineos, 642 Km.

Idem de la íd. de íd. Pirineos-Sevilla, 764 Km.

Idem de la íd. de íd. Duero-Sevilla, 488 Km.

Idem de la íd. de íd. Sierra Nevada, Pirineos, por el litoral, 706 kilómetros, con un promedio de 650 Km.

Las líneas de unión de los saltos del Duero y Sierra Nevada se representan de trazos, por tratarse de saltos cuyos aprovechamientos tardarán probablemente en realizarse.

La longitud de la red proyectada sería:

Líneas de primer orden..................	1.924 Km.
Idem de se segundo íd.................	1.064 "
TOTAL.....................	2.988 Km.

En Madrid estaría situado el nudo o centro general de interconexión, y en él residiría el jefe-operador principal del sistema, o "load dispatcher" de los americanos, que estaría en comunicación radiotelefónica con toda la red.

Cuadro de longitudes de la red de interconexión.

		Longitudes parciales. — Kilómetros.	Longitudes de sectores. — Kilómetros.	Longitudes totales. — Kilómetros.
Líneas de primer orden:				
Sector Noroeste (A, B, C, D, E, B).	A B	150		
	B C	136		
	C D	186		
	D E	40		
	E B	184		
			696	
Idem Nordeste (A, F, E, L).........	A F	250		
	F E	176		
	E L	80		
			506	
Idem Sur (A, G, H)..................	A G	234		
	G H	200		
			434	
				1.636
Líneas del Duero (J, K, B).........	J K	110		
	K B	92		
			202	
Idem de Sierra-Nevada	G I	86	86	
				288
Longitud de las líneas de primer orden...				1.924
Líneas de segundo orden:				
Sector Oeste (H, Q, K)...........	H Q	254		
	Q K	124		
			378	
Idem litoral Este (I, P, O, N, M, L)	I P	114		
	P O	118		
	O N	172		
	N M	188		
	M L	94		
			686	
				1.064
Longitud total del trazado.................				2.988

EL PROBLEMA TÉCNICO

Antecedentes.

En lo que sigue, procuro estudiar concisamente este aspecto de la interconexión, prescindiendo de fórmulas y desarrollo de cálculos, que podrían alargar demasiado esta Memoria y hacerla difusa. En ellos me he valido principalmente de la regla logarítmica y construcciones gráficas; así, pues, los resultados citados no son completamente exactos, aunque sí lo suficiente para no alterar las consecuencias deducidas. He supuesto en los ejemplos que se trate de líneas aéreas de transporte con inducción y capacidad uniformemente repartidas, y las siguientes características comunes a todos ellos:

Corriente trifásica de 50 y 16 2/3 períodos.
Conductores de cobre dispuestos en triángulo equilátero de 5 metros de lado.
Conductancia g (recíproca de la resistencia de aislamiento), nula.

La fijación de los elementos de un transporte eléctrico de fuerza con corriente de alta tensión no ofrece hoy dificultad cuando la distancia es inferior a 300 Km. Los Estados Unidos han precedido siempre a Europa, tanto en la magnitud de sus instalaciones, como en la adopción de las más elevadas tensiones, siendo actualmente el más notable ejemplo de ellas el transporte de los saltos de Big-Creek a Los Angeles, en California, que forma parte del sistema general de interconexión de aquella región, según se ha indicado. Sus principales datos son los siguientes (1):

Potencia total en dos centrales: 64.000 kilovatios.
Distancia de transporte: 386 kilómetros.
Corriente: Trifásica, 50 períodos, 150.000 — 130.000 voltios.
Líneas: Dos de aluminio, cada una capaz para transportar 57.500 kilovatios.
Regulación: Tensión constante en la estación receptriz, mediante dos compensadores giratorios síncronos de a 15.000 K. V. A. (*synchronous condensers*).

Las características anteriores confirman desde luego que en pasando la longitud de 300 kilómetros, los efectos de inducción y capacidad de

(1) *1 0.000.—Volt Transmission System,* by Edward Woodbury. (Proc. Am. I. E. E. Sept., 1914.)

la línea son enormes y exigen la adopción de disposiciones extraordinarias. En esa misma instalación de Big-Creek, la autoexcitación por la corriente de capacidad de los generadores de una de las centrales conectada a la línea *en vacío,* con el circuito de excitación *abierto,* elevaría la tensión de la línea en la central a 230.000 voltios, y los generadores producirían, en pura pérdida y sólo para compensar esta gran elevación de tensión, 5.000 kilovatios y 50.000 K. V. A. (!).

Refiriéndonos a las líneas de interconexión en España, debemos, ante todo, establecer las hipótesis que nos permitan fijar sus datos, los cuales corresponden a la siguiente pregunta: ¿Cuál ha de ser la aptitud de transmisión (1); es decir, la potencia y distancia de que habrá de partirse para su cálculo?

Aun cuando conociésemos la situación de los centros de producción y consumo, a lo largo de una línea de interconexión, serían posibles muchas combinaciones de transporte, con arreglo al grado de intercambio que se fije, o sea, que suponiendo, por ejemplo, la existencia de centros de producción y consumo colocados alternadamente a lo largo de ella, sus constantes variarán según que se calcule para el transporte de una misma cantidad de energía a distancias parciales entre centros inmediatos, o a distancias totalizadas entre los no sucesivos.

Lo que hemos llamado *aptitud de transmisión* está representado en las líneas cortas por los kilovatios-kilómetros (producto de potencia por distancia) correspondientes a un rendimiento determinado, cantidad constante, cualquiera que sea la distancia de transporte. En las líneas no muy largas puede admitirse también su constancia para las frecuencias bajas; p. e., 16 2/3; pero no para la de 50.

A medida que la línea posea una aptitud de transmisión mayor, se aprovecharán mejor las ventajas inherentes al acoplamiento entre centros apartados, y el coste de transporte del kilovatio será menor, en la hipótesis de una utilización máxima para cada distancia.

Por último, habría que tener también en cuenta, al fijar sus constantes, la potencia total que en el porvenir llegará a circular por la red, a fin de evitar frecuentes ampliaciones.

De las consideraciones anteriores, parece deducirse que *conviene prever las líneas de interconexión con gran aptitud de transmisión.* Así poseerán mayor flexibilidad y cumplirán mejor sus fines, importando a este propósito recordar que, debido al desarrollo industrial y al campo,

---

(1) Decimos *aptitud,* en vez de potencia o capacidad de transmisión, porque estas últimas palabras se confunden con la potencia momentánea y capacidad eléctrica.

cada vez más extenso, de las aplicaciones electromecánicas y químicas, las líneas de transporte siempre resultan insuficientes al cabo de pocos años.

Capacidad o aptitud de transmisión.

Antes de pasar adelante, conviene puntualizarla bien. Es frecuente suponer que la determina el rendimiento o efecto útil que se obtenga en el transporte, como efectivamente sucede en líneas cortas, donde los efectos de capacidad electrostática son despreciables, y los de inducción no alteran sensiblemente las variaciones de tensión producidas por la resistencia óhmmica de la línea. Pero en líneas largas, aquellos efectos son preponderantes, y producen, con las alteraciones del régimen de carga, fuertes variaciones de tensión, que dificultan el funcionamiento del sistema.

Es un buen servicio, no son tolerables en la estación generatriz, para tensión constante en la receptriz, variaciones de tensión entre plena carga y vacío, a una *regulación,* como justamente dicen los americanos, que excedan del 20 por 100 de la tensión de plena carga; límite que reduce considerablemente en líneas de gran longitud su aptitud de transmisión. Así, por ejemplo, en un transporte de las siguientes características:

Conductores de cobre: 3 × 120 mm.^{2}
Distancia: 500 Km.
Frecuencia: 50 períodos.
Tensión compuerta en la estación receptriz: $E_r = 150.000$ voltios.
"Décalage" de la carga en ídem: $\cos \varphi = 0,85$,

se obtiene para 40.000 kilovatios de carga en la receptriz un rendimiento de ca. 87 por 100, aceptable en la mayoría de los casos, ya que el régimen de plena carga suele durar poco; pero la regulación

$$\frac{E_g - E_{g-o}}{E_g}$$

llega a cerca de 30 por 100, inadmisible en un buen servicio.

La carga no habría de pasar de unos 25.000 kilovatios para no exceder el límite de 20 por 100, admitido como buena regulación. Vemos, pues, que esas variaciones de tensión que originan la inducción y capacidad reducen considerablemente la carga específica admisible, y cons-

tituyen la más seria dificultad para conseguir un buen servicio en líneas con longitudes extraordinarias. Así se explica que técnico tan eminente como Dolivo-Dobrowolsky, creador hace cerca de treinta años del motor trifásico industrial, preconice hoy el cambio de la corriente trifásica por la continua para los transportes largos. Por mi parte, opino modestamente que no es preciso llegar a tal extremo, teniendo hoy medios la técnica de obviar el inconveniente sin cambiar radicalmente de sistema; pero conviene tenerlo muy en cuenta y desechar la creencia, muy extendida, de que pueden ejecutarse estas instalaciones de transporte de fuerza de gran magnitud, sin alterar esencialmente las disposiciones y procedimientos empleados en las líneas de menos de 300 Km.

Ni siquiera el sacrificio del aumento de sección de los conductores contribuye a mejorar eficazmente la regulación, por cuanto la resistencia óhmmica, que decrece con el aumento de diámetro, tiene un valor reducido en relación con los valores de los coeficientes de inducción y capacidad, los cuales varían en sentido inverso, según el logaritmo del radio del conductor, y, por consiguiente, muy poco con la variación de sección. Por ejemplo, para los conductores-cables de 100 × 200 mm.² los coeficientes L y C de inducción y capacidad por kilómetro son:

Conductores.	L.	C.
3 × 100 mm.²	13,8 × 10^4 Henry/Km.	8,34 × 10^4 MK-fd/Km.
3 × 200 —	13,1 × 10^4 —	8,8 × 10^3 —

En general, la regulación de una línea y, por consiguiente, su aptitud de transmisión, sólo podrá mejorarse práctica y eficazmente de los tres modos siguientes:

a) Elevando la tensión.

b) Disminuyendo la frecuencia.

c) Manteniendo constantes las tensiones en las estaciones generatriz y receptriz, por medio de cargas en esta última que compensen las variaciones de voltaje.

a) Elevación de la tensión.

Las tensiones de transporte han aumentado, en los últimos quince años, desde 50.000 hasta la de 150.000 voltios empleada en el ya citado transporte de Big-Creek, en California, y esto no obstante las grandes dificultades que, según creencia muy general entre los técnicos de principios de siglo, impedirían pasar de 100.000 voltios. No debemos, pues, ser muy pesimistas en este punto; tales augurios, como se ha visto después, reconocían por causa el conocimiento imperfecto de los fenó-

menos electrostáticos que tienen lugar en las aplicaciones industriales. Hoy, los progresos realizados permiten esperar confiadamente que no ha de tardarse mucho en dar otro paso adelante, habiéndose ya propuesto el empleo de 220.000 voltios (1) en un transporte de fuerza a 1.700 Km., que formaría parte del sistema de interconexión de California.

Con el aumento de la tensión de transporte, disminuyen las variaciones de tensión con carga, porque si bien la corriente de vacío o de carga de la línea aumenta proporcionalmente a la tensión, en cambio, los efectos de inducción disminuyen, por ser menores las intensidades que circulan en la línea para una misma potencia transportada, y, además, porque la misma corriente de carga, o en avance de fase, por ser mayor, compensa más la corriente en fase retrasada, de inducción. El resultado es que, dentro del margen de regulación de 20 por 100 antes indicado, la carga en la estación receptriz puede aumentarse, para condiciones no muy extraordinarias, casi proporcionalmente al cuadrado de la tensión, y en esto consiste, por lo que respecta a la aptitud de transmisión de una línea, la gran ventaja de emplear las más elevadas tensiones.

Sus inconvenientes son varios. En primer término, imponen el empleo de conductores de grandes diámetros, a fin de no alcanzar en su superficie la tensión crítica disruptiva, que da lugar al fenómeno de corona, estudiado muy detalladamente por F. W. Peek (2). Según las fórmulas por él establecidas, conductores de 50 mm.^{2}, dispuestos en triángulo equilátero de 3 m. de lado, no podrían emplearse a la altitud de 600 m., que correspondería a la meseta central castellana, con más de 90.000 voltios. Cita L. P. Jorgensen (3) el caso de una línea instalada en los Andes del Perú, a más de 3.700 metros de altitud, con 53,5 mm.^{2} de sección, en la que no ha podido emplearse por la misma causa del fenómeno de corona, tensión superior a 50.000 voltios.

Una línea de 3×85 mm.^{2} en triángulo de 5 metros de lado tendría, a 120.000 voltios y 500 metros de altitud, una pérdida, en tiempo de tempestad, de 4,5 kilovatios por kilómetro, la cual, para grandes longitudes, ya no es despreciable. El empleo del aluminio permite aumentar el voltaje en un 25 por 100.

Otro inconveniente de las altas tensiones, tratándose de líneas lar-

---

(1) A. E. Silver: *Problems of 220 Kv. Power Transmissions.* Proc. Am. I. E. E. Junio 1919.

(2) *Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering.* Proc. Am. I. E. E. Junio 1911.—*General Electric Review.* Dic. 1912.

(3) Proc. Am. I. E. E. Marzo 1914.

gas, es el valor que alcanza su corriente de carga en vacío, y que absorbe la potencia aparente de uno o varios generadores. Así, una línea de cobre de las siguientes características: 3 × 120 mm.², 500 Km. de longitud, 150.000 voltios, 50 períodos, "décalage" de 0,85 en la estación receptriz, absorbería en vacío, de los generadores de la central, una potencia aparente de ca. 25.000 K. V. A. Esto constituye gran inconveniente para los acoplamientos en paralelo entre centrales apartadas, porque requiere un material enorme. Además, las sobretensiones que producen la corriente de carga y las oscilaciones libres del sistema, en caso de dispararse o desconectarse los interruptores de la estación receptriz, en régimen de plena carga, pueden alcanzar valores extraordinarios.

El inconveniente principal de las altas tensiones es la carestía, más que de las líneas mismas, de las estaciones de elevación y reducción de voltaje. Una estación de esta clase, para 150.000 voltios, no ocupará, a igualdad de potencia, menos de diez veces el espacio que exigiría otra para 20.000 voltios. Ciertos aparatos adquieren proporciones tan colosales, que es de esperar encuentre la técnica procedimientos o disposiciones que eviten su empleo con tensiones corrientes, como ya empiezan a introducirse en las recientes instalaciones.

La carestía de las instalaciones sugiere la idea de establecer para la interconexión dos órdenes de líneas; unas, propiamente de transporte, a la más elevada tensión, y otras, a tensión más reducida; por ejemplo, la mitad de la primera, las cuales harían el papel de distribuidoras.

En la elección de altas tensiones, no debe, por otra parte, procederse a capricho, conviniendo, para facilidad y economía en la ejecución de las instalaciones, adoptar las normales empleadas en los países que producen el material eléctrico especial necesario. En los Estados Unidos es hoy normal la tensión de 110.000 voltios en la estación receptriz, para los grandes transportes de fuerza, siguiéndole la de 130.000 voltios, empleada en Big-Creek. Con análogos aumentos graduales, la tensión futura sería 150.000 voltios en receptriz, aun cuando ya indicamos que se ha propuesto la de 220.000 voltios en la central generadora.

b) Disminución de la frecuencia.

En América se emplea generalmente 60, y algo menos, 25 períodos, en los transportes de fuerza; rara vez 50 períodos. En Europa es esta última de uso general, y solamente en los ferrocarriles eléctricos con corriente monofásica se ha empleado la frecuencia de 16 $^2/_3$ períodos.

La aptitud de transmisión de una línea, que es limitada por las variaciones de tensión admisibles, según antes se ha indicado, tiene su

expresión en la relación entre las tensiones de sus puntos extremos, central generadora y estación receptriz, a circuito abierto o en vacío; relación que podemos llamar *coeficiente de transmisión* (*Kabelfaktor* de los alemanes) (1). Es consecuencia del conocido efecto Ferranti, producido por la capacidad.

A medida que este coeficiente se acerca a la unidad, la aptitud de transmisión es mayor. Si lo llamamos x, el aumento procentual de tensión, en vacío, será:

$$\frac{E_{r-0} - E_{g-0}}{E_{r-0}} \times 100 = (1 - k)100 = p.$$

Esta variación de tensión p depende de las constantes de la línea R, L, C, así como de su longitud l y frecuencia f, según fórmula en que entran funciones exponenciales y transcendentales. Para líneas aéreas cortas y secciones reducidas, es, aproximadamente, proporcional a los cuadrados de longitudes y frecuencias; cuando las líneas son de gran longitud, la relación entre p, l y f es muy variable; pero, de todos modos, en líneas aéreas, p disminuye muy sensiblemente con la frecuencia f. En las subterráneas, donde la capacidad C es preponderante, y la característica de la línea $\sqrt{\frac{L}{C}}$ tiene un valor muy diferente de la aérea a igualdad de sección, no puede establecerse una regla fija, y, por el contrario, una disminución de frecuencia produce a veces mayores variaciones de tensión (2).

Los ejemplos cuyos resultados resumimos en el cuadro de la página siguiente, ponen bien de manifiesto la influencia que la frecuencia y distancia ejercen en la transmisión. Al efecto, he supuesto que se trate de dos transportes de fuerza a 500 y 1.000 Km. calculando aproximadamente sus características principales *para un régimen estacionario*, conductores de cobre de 120 y 200 mm.², y frecuencias de 50 y 16 ²/₃ períodos. Los conductores estarían dispuestos como indiqué al principio de este trabajo, en triángulo equilátero de 5 metros de lado. En la estación receptriz se tendría:

E_r constante = 150.000 voltios.
$\cos \varphi$ de la carga = 0,85 en retraso de fase.

---

(1) Breitfeld: *Berechnung von Wechselstrom Fernleitungen*. P. 36.
(2) Roessler: *Fernleitung von Wechselstroemen*. P. 216.

La disminución de frecuencia de 50 a 16 $^2/_3$, como puede verse, mejora muy sensiblemente los coeficientes de transmisión, sobre todo para la distancia de 1.000 Km., aumentando al doble la aptitud de transmisión correspondiente a 500, y a más del triple para 1.000 Km.

Igualmente resultan mejorados, con la disminución de frecuencia, los rendimientos máximos de la transmisión, coincidentes con "décalages" *en avance de fase* en la central generadora, iguales a 0,85.

Los ejemplos estudiados confirman, como adelanté anteriormente, que, en transportes de gran longitud, el aumento de sección no mejora sensiblemente la aptitud de transmisión, salvo permitir el empleo de mayores tensiones (corona), con las que crece marcadamente dicha aptitud.

La consecuencia de este estudio es: que, tratándose de un largo transporte aislado, no cabría dudar, a mi juicio, sobre la conveniencia de adoptar para él bajas frecuencias, técnica y económicamente ventajosísimas. Consideraciones de otra índole, y, sobre todo, la generalidad en el empleo actual de 50 períodos, militan en favor de esta frecuencia. Sin embargo, no hay que exagerar las ventajas de la uniformidad, porque, en instalaciones tan extraordinarias, el material apenas es recambiable, requiriendo su adaptación a cada caso particular. Tampoco es, en mi opinión, argumento de gran peso, en pro de los 50 períodos, el haberse previsto para esta frecuencia el material hoy en explotación, porque para la interconexión general, había de entrar en línea de cuenta el aprovechamiento de cantidades de energía muy superiores a las utilizadas hoy; no siendo racional sacrificar las condiciones del nuevo sistema a las del actual, máxime cuando la energía de éste seguiría utilizándose como hasta aquí, sin aplicarse a la interconexión general. De mi experiencia en estas cuestiones, resulta que, en las aplicaciones eléctricas, por su incesante evolución, no resulta a la larga eficaz ningún sistema; de ello tenemos hoy ejemplos a granel, y que el aferrarse en conservar los sistemas antiguos, por razones de economía mal entendida, resulta, la mayor parte de las veces, fatal para el desarrollo ulterior de las instalaciones.

EJEMPLOS DE TRANSPORTES DE FUERZA A 500 Y 1.000 KILÓMETROS

Tensión en la estación receptriz = 150.000 voltios.—«Décalage» de la carga: cos = 0,85.

Secciones	120 milímetros cuadrados.				200 milímetros cuadrados.			
Distancias	500 kilómetros.		1.000 kilómetros.		500 kilómetros.		1.000 kilómetros.	
Frecuencias	50	$16\,^{2}/_{3}$	50	$16\,^{2}/_{3}$	50	$16\,^{2}/_{3}$	50	$16\,^{2}/_{3}$
Características aproximadas.								
Corriente de carga en vacío (amp.)	107	38	187,8	75	114	39	195,5	78,5
Tensión de ídem íd. (voltios)	131.000	147.500	76.700	140.800	130.000	146.000	73.700	140.000
Potencia aparente en vacío: KVA_{g-o}	24.250	9.700	24.850	18.300	25.600	9.860	24.900	19.000
Coeficiente de transmisión: $\frac{E_{g-o}}{150.000} = k$	0,873	0,984	0,51	0,94	0,867	0,975	0,49	0,934
Aumento de tensión $(1 - k)\ 100$	12,7 %	1,67 %	49 %	6 %	13,3 %	2,5 %	51 %	6,67 %
Tensión en la central para 20 % regulación: $\frac{E_{g-x} - E_{g-o}}{E_{g-x}} = 0,20$ E_{g-x} Volts.	163.750	184.000	95.875	176.000	162.500	182.500	92.125	175.000
Carga correspondiente a 20 % regulación (Kw.)	25 000	50.000	7.000	22.000	28.500	65 000	8 000	30.000
«Décalage» para la anterior	Avance.	Retraso.	A.	R.	A.	R.	A.	R.
Rendimiento máximo de la transmisión (η máx.)	91 %	95,5 %	79,7	86 %	92,5 %	98 %	88 %	92 %

En resumen: la frecuencia a adoptar para los grandes transportes merece, considerando en cada caso sus datos concretos, una madura reflexión, ya que la de 50 períodos, sin disposiciones complementarias que encarecen y complican las instalaciones, *es para ellos inadecuada.*

c) Cargas compensadoras en la estación receptriz.

Una carga artificial en la estación receptriz que fuese capaz de neutralizar o compensar las corrientes reactivas producidas por la inducción y capacidad de la línea, contribuiría también a disminuir las variaciones de tensión y, por consiguiente, a aumentar su aptitud de transmisión.

Obsérvese bien que dichas corrientes reactivas cambian de signo según sea la cuantía de la carga útil en la estación receptriz, siendo positivas o con adelanto de fase en régimen de vacío o cargas reducidas, en el que la capacidad es predominante, y negativas o retrasadas de fase cuando las cargas crecen y se acentúan los efectos de inducción sobre los de capacidad. Este cambio de signo dificulta la resolución del problema; pues el aparato o máquina que constituya la carga artificial en la estación receptriz, habrá de absorber por su propio sistema, al efecto de la compensación: corrientes en retraso para el régimen de cargas débiles, y en adelanto con cargas grandes.

Las bobinas de reactancia y los condensadores tendrían aplicación en este caso si pudieran combinarse y regularse gradual y extensamente, lo que hoy es imposible de realizar sin el empleo de disposiciones complicadas y poco prácticas. Además, los condensadores se han usado hasta ahora poco, fuera del laboratorio o aparatos de medida, si bien modernamente comienzan a construirse tipos industriales, aplicados a la mejora del factor de potencia de las instalaciones con motores de inducción (1).

No existiendo aparato estático que realice la función indicada, se ha acudido a uno giratorio: el motor sincrono, capaz de absorber corrientes decaladas en retraso o adelanto de fase, cuando, conectado a un circuito alimentado por una fuente generadora exterior, se disminuye o aumenta su excitación. Esta propiedad, conocida hace tiempo, se había aprovechado, empleados como generadores o motores, para mejorar el factor de potencia de las instalaciones. Pero como, en esta forma, su escala de regulación es reducida, hoy, para aplicarlos exclusivamente al *control* o regularización de la tensión en las estaciones receptrices,

---

(1) *Economic Use of Static Condensers*, by Waldo V. Lyon. «Electrical World», abril 12 y 19, 1919.

se hacen funcionar en vacío, construyéndolos *ad hoc,* con gran poder sincronizante y devanados sencillos y amplios.

El citado transporte de Big Creek-Los Angeles es también muy notable por el ensayo en grande escala que en él se ha hecho de una instalación reguladora de esta clase, a la que podríamos llamar de *compensadores giratorios* (los americanos dicen "synchronous condensers") en estación receptriz. En "Los Angeles" se han instalado dos motores con potencia conjunta de 30.000 K. V. A., cada uno de los cuales requiere *10.000 K. V. A. para arrancar* (!), y que aseguran al sistema una aptitud de transmisión de 64.000 kilovatios.

En el cuadro de la página siguiente, se insertan los datos aproximados correspondientes a cuatro transportes de fuerza con empleo de compensadores giratorios, o sea, manteniendo constantes las tensiones extremas. Las características supuestas a estos transportes son:

Ejemplos de líneas trifásicas de transmisión a tensiones constantes

Condiciones.... $E_g = 180.000$ voltios — 50 períodos.
$E_r = 150.000$ ídem — $\cos \varphi = 0{,}85$.

Secciones	3 × 120 mm.²		3 × 200 mm.²	
Distancias	500 Km.	1.000 Km.	500 Km.	1.000 Km.
1 Potencia mínima reactiva de compensación de la estación receptriz. R en vacío (KVA_{c-o})	36.000	45.700	37.500	48.000
2 Carga en R para una potencia compensación nula (Kw.)	38.000	40.500	44.500	46.500
3 Carga en R para una potencia condensativa de compensación igual a 1 (Kw.)	64.000	56.000	74.500	66.000
4 Rendimiento aproximado correspondiente a la anterior	82 %	67 %	88 %	79,5 %
5 Carga máxima teórica en R. ($Kw._{máx.}$)	92.670	56.200	112.300	67.320
6 Potencia de compensación para la anterior ($KVA_{c-máx.}$)	129.500	53.500	149.200	63.200
7 Cargas para 20 % regulación con 16 ²/₃ períodos a tensiones variables (Kw.)		22.000		30.000
8 Rendimientos para las anteriores.		81 %		88,5 %

Distancia: 500 y 1.000 kilómetros.
Secciones: 120 y 200 mm.^{2}
Frecuencia: 50 períodos.
Tensiones extremas: $\left\{ \begin{array}{l} E_g = 180.000 \text{ voltios.} \\ E_r = 150.000 \text{ ídem.} \end{array} \right.$
"Décalage" de la carga útil: cos $\varphi = 0{,}85$;

las cuales corresponden a los ejemplos estudiados al referirnos a la frecuencia más conveniente para el transporte, aunque limitando la regulación a 16,7 por 100, en vez de 20 por 100.

Del examen del cuadro se deduce: que, teóricamente (1), requieren estas líneas un vacío, una compensación en retraso de fase considerable, o, en otros términos, la potencia compensadora para las líneas de 500 Km. y las secciones indicadas; no podrá ser inferior a 35-40.000 K. V. A., *cualquiera que sea la carga útil.*

Como la potencia mínima con la cual habían de preverse los compensadores habrá de ser esa misma, se han calculado, con el fin de lograr la máxima utilización del material, las potencias máximas útiles susceptibles de transportar, que les corresponderían. Se notará que tan sólo el rendimiento para 200 mm.^{2} y 500 Km. (ca. 87,8 por 100) sería admisible; para los demás transportes, no se podría, pues, llegar a las cargas útiles especificadas en el cuadro.

Al objeto de comparar las condiciones de uno de estos transportes a tensiones constantes con otros idénticos, pero a baja frecuencia y tensiones variables, he calculado los rendimientos para distancias extremas de 1.000 kilómetros, y las cargas que definen en los transportes con 16 $^2/_3$ períodos, su aptitud de t ansmisión. Con secciones de 120 mm.^{2}, el rendimiento (81 por 100) resulta inadmisible, o sea, que, para esa sección, aun sería ventajosa la adopción del sistema de tensiones variables a baja frecuencia, cuyo rendimiento (ca. 84-85 por 100) es mejor.

Con 200 mm.^{2}-1.000 Km., ambos sistemas resultan equiparados, por lo que respecta al rendimiento.

En resumen: el compensador giratorio puede considerarse solución aceptable para estos grandes transportes, permitiendo acrecer notablemente la aptitud de transmisión de una línea que haya llegado al límite de ésta y economizar la construcción de una segunda. Ahora bien: en-

(1) En práctica corriente, a menor carga útil, corresponderá probablemente mayor «décalage»; así es que, en régimen de carga débil, la compensación requerida podrá ser menor que la correspondiente al «décalage» 0,85, supuesto constante en los ejemplos.

carece y complica la instalación y el servicio; el funcionamiento del sistema resulta más delicado, y sus ventajas no llegan a contrapesar *técnicamente,* y salvo casos especiales, las de la transmisión con bajas frecuencias. La cuestión requiere, pues, también insistir en su estudio.

TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEA A GRANDES DISTANCIAS

Este problema tiene hoy un interés puramente teórico; pero merece ser mencionado, aplicado a la electrificación de ferrocarriles, y ya que existen instalaciones a 60.000 voltios (Dessau-Bitterfeld) que funcionan hace tiempo regularmente.

Ha sido estudiado por P. Humann (1) y, más recientemente, por el profesor del Politécnico de Zurich W. Kummer (2), quien, partiendo de los datos establecidos por Humann, o sea 20.000 vatios/mín., como rigidez dieléctrica del papel impregnado empleado hoy en la construcción de cables subterráneos, y un coeficiente de seguridad igual a 4 (5.000 voltios/mín.), estudia un transporte con cables subterráneos unifilares de 1.000 $mm.^2$ y corriente trifásica de 50 y 16 $^2/_3$ períodos, a 159.000 voltios, y ca. 200.000 kilovatios de aptitud de transmisión.

Este valioso trabajo confirma también, para el caso estudiado, aun refiriéndose a cables subterráneos, la ventaja del empleo de 16 $^2/_3$ períodos, pues mientras con esta frecuencia la distancia de transporte puede llegar a 300 Km., con 50 períodos no debe pasar de 100.

Claro es que, actualmente, no competiría económicamente la instalación subterránea con la aérea; pero, sin duda, se abre a la primera un gran porvenir en la electrificación de los ferrocarriles, dando motivo al estudio y resolución de los problemas que le afectan y, sobre todo, a obviar el inconveniente de su gran capacidad electroestática. Es de esperar, por otra parte, que con la reanudación de la actividad técnico-industrial, vendrá su abaratamiento, haciéndola concurrir, al menos para líneas secundarias, y en consideración a la seguridad del servicio, con las instalaciones aéreas.

Resumen del estudio técnico.

Para las líneas de interconexión de primer orden, deben adoptarse, a mi juicio, las siguientes características principales:

---

(1) *Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Kraftuebertragung mittels Kabel.* «Elektrische Kraftbetriebe u. Bahnen», 24 sept. 1915.

(2) *Unterirdische und oberirdische Wechselstrom.* «Hoechstleistungs Kabel Schweizerische Bauzeitung», 10 mai 1919.

Corriente trifásica.

Sistema de transporte:

Tensiones variables con 16 $^2/_3$ períodos.

Idem constantes con 50 ídem.

Tensiones: De momento, 200-150.000 voltios, previendo eventualmente su elevación a medida que lo consienta la técnica industrial.

Sección: Por lo menos, 200 mm.², cuya aptitud de transmisión es:

para 500 Km.: ca. 70.000 kilovatios.

para 1.000 Km.: ca. 30.000 ídem.

Postes: A distancias de 250-300 metros, que resultará la más económica.

Aislamiento: Coeficiente de seguridad mínimo de 3, en las condiciones más desfavorables (lluvia y nieve).

En las líneas de interconexión de segundo grado podría adoptarse la sección de 120 mm.², con las disposiciones o materiales (aluminio, alma de acero, etcétera) que permitan aumentar económicamente su diámetro y emplear las tensiones mencionadas. Su aptitud de transmisión sería así de 40-50.000 kilovatios con 500 kilómetros.

Otros varios aspectos del problema técnico de la interconexión habría que examinar; pero se alargarían demasiado estas líneas, y, por otra parte, no son urgentes para el planteamiento del asunto, que es lo que principalmente con ellas se pretende.

COSTE DE LA RED

A continuación se hace un avance del coste de la red propuesta, el cual, a falta de datos concretos, sólo tiene el carácter de ligera indicación, según me sugiere la experiencia adquirida en la ejecución de esta clase de instalaciones.

He partido de los siguientes precios, que, poco más o menos, rigen hoy:

Costes unitarios.	Pesetas.
Kilogramo de conductor de cobre montado	4
Idem de íd. de acero íd	1
Idem de hierro laminado en postes a pie de emplazamiento	0,80
Aislador de suspensión en ídem	12
Metros cúbicos de hormigón en obra	70

Costes parciales.	Pesetas.
Kilómetro de línea de 120 mm.² de sección..............	40.000
Idem de íd. de 200 íd. de íd..	54.000

PRESUPUESTO TOTAL

1.924 kilómetros de líneas de 200 mm.².....................	103.896.000
1.064 ídem de íd. de 120 íd..	47.880.000
2.988 kilómetros de líneas...	151.776.000

REALIZACIÓN DEL PROYECTO

Una instalación tan vasta como la bosquejada en lo que antecede, sólo podría llevarse a cabo cuando en el país existiese el ambiente necesario y estuviesen compenetrados de sus ventajas los intereses afectados por ella. Lanzado su proyecto por el Estado, aun atribuyendo a la máquina administrativa una organización y diligencia, de que actualmente carece, sin la presión exterior de los grandes intereses nacionales, el intento sólo daría de sí un trozo más de literatura oficial. Nuestros inseguros Gobiernos, libres del requerimiento entre diligente y amenazador, hoy antecedente obligado de todas las grandes obras emprendidas por él, jamás hallarían ocasión de arbitrar los cuantiosos recursos necesarios, y la empresa estaría destinada a fracasar.

Su ejecución y explotación por una entidad privada lo considero inadmisible. Comercialmente, había de resultar un negocio desastroso, porque sus beneficios iniciales, como los de toda obra destinada a promover riqueza y despertar energías económicas, serían exiguos o nulos; y no siendo razonable que aquélla invirtiese sus recursos en empresa tan problemática, cabe suponer, a pesar de cuantas precauciones prevea el Estado al hacerle una concesión de tal índole, que trataría de ejecutar la obra fragmentariamente y atendiendo a su propio beneficio, o buscaría en el monopolio el privilegio o la confabulación de grandes intereses, estímulos y remuneración a sus sacrificios.

Pero aun cuando la realización del proyecto prometiese de momento un buen negocio y fuera fácil encontrar capitales privados que se interesasen en él, tampoco sería lícito que el Estado se desprendiese de un instrumento auxiliar tan poderoso de la economía nacional, cuyo intenso desarrollo, sin miramiento al lucro inmediato, es condición indispensable para la eficacia de la función que ha de llenar.

Otro de los aspectos desfavorables de la explotación privada sería

el peligro de despertar la desconfianza en las entidades modestas, llamadas también a participar de las ventajas de la interconexión, las cuales, temerosas de ser absorbidas por una Empresa fuerte, mirarían el proyecto con recelo, y podrían interponer los recursos que proporciona la actuación local, para retardar o entorpecer su realización.

Si pues el Estado, por causas bien conocidas, y que no son del caso examinar, no es hoy apto para nacionalizar, en el más amplio significado de esta palabra, la empresa, y si las entidades privadas tampoco son las llamadas a realizarla con completa independencia, a la manera como hoy tiene lugar dentro de las regiones o en transportes aislados, forzoso será buscar la solución en el organismo mixto al cual aporten: el Estado, la mayor parte de los recursos necesarios para su desarrollo, reservándose la alta dirección y la intervención o *control* que salvaguarde los intereses públicos; el elemento privado, constituido esencialmente por aquellos intereses más directamente afectados por la obra, aportando principalmente su experiencia, sus organizaciones y hasta sus propios instrumentos de explotación, capaces de beneficiarse o de contribuir a los fines de aquélla.

En cuanto a la interconexión regional o localizada, debía confiarse, como es natural y ha sucedido hasta ahora, a la iniciativa particular, sin coartar la libertad que ha permitido su desarrollo actual; pero al Estado compete promoverla, estimularla y aun, en ocasiones, previo estudio, imponerla, cuando con ella resulte beneficiada la colectividad y la desidia, penuria o los egoísmos personales o comerciales retardaren su implantación.

INTERESES AFECTADOS

Según se ha expuesto al principio de esta Memoria, el establecimiento de un extenso sistema circulatorio de electricidad por toda la Península había de dejarse sentir en todos los factores de su economía; pero hay intereses que participarán directa y pricipalmente de sus grandes ventajas. A estos intereses corresponde, pues, en primer término, crear el ambiente público, hoy manifestado tímidamente, que reclame su inmediata implantación, y en colaboración con el Estado, fije las normas que lo hagan viable.

Estos intereses o entidades son, a mi juicio, principalmente:

Las Compañías de electricidad.

La industria en general.

Las Compañías de ferrocarriles.

Los propietarios o concesionarios de minas de carbón.

Los concesionarios de saltos de agua.

Las *Compañías de electricidad* no pueden ni deben desentenderse, a mi modo de ver, de la cuestión estudiada, porque, aun cuando hayan de dedicar atención preferente a la localidad, provincia o región donde ejerzan su actividad, verían invadido o amenazado su mercado por la nueva entidad explotadora de la red general, y en interés de su existencia y desarrollo estaría inteligenciarse o eventualmente formar parte de ella, aportando elementos y aprovechando sus ventajas.

La interconexión y electrificación serían poderosos instrumentos de renacimiento industrial, y este solo hecho justifica que las *industrias actuales* de la Nación hayan de intervenir también, con su representación, en el lanzamiento y desarrollo del asunto. Estos organismos, como tantos otros, habrán de acomodar su futura existencia a las nuevas normas que imponen con fuerza avasalladora las actuales corrientes sociales, engranándose resueltamente en el mecanismo de las grandes cooperaciones, prescindiendo de inútiles resistencias y baldías lamentaciones por la independencia o individualismo perdidos.

Las *Compañías de ferrocarriles,* efecto, tal vez, de las dificultades económicas que han padecido en los años de la guerra, la amenaza de intervencionismo o nacionalismo de sus explotaciones, o por lo que sea, es lo cierto que se han conservado al margen de las corrientes de resurgimiento iniciadas en todos los órdenes de la vida nacional; más aún, puede decirse que existe una marcada antipatía u hostilidad entre ellas y la colectividad, siendo buena prueba de ellas la reciente campaña contra la elevación de tarifas, a mi juicio tan apasionada como injusta y odiosa. ¿Observarán estas grandes entidades la misma actitud de indiferencia en el problema de la electrificación general porque su solución la consideren fantástica o remota, y prefieran el *statu quo* actual?

El consumo anual de carbón en nuestros ferrocarriles llegará pronto, si no llega ya en este año, a dos millones de toneladas (1), equivalentes para:

1 Kg. carbón = 7.000 calorías.
1 cal.-Kg. = $1{,}16 \times 10^3$ kw.-h.

a ca. 16.000 millones de kw.-h., disipados del potencial térmico almacenado en el subsuelo de la Nación; cantidad igual quizá a unas diez veces el consumo anual actual de energía eléctrica en toda España. La sola centralización de la producción térmica de energía eléctrica, aplicada a la tracción de los ferrocarriles, procuraría ya una economía de

(1) En 1918 sólo las Compañías del Norte y M.-Z.-A. consumieron ca. de 1.400.000 toneladas.

la energía intrínseca del carbón gastado, superior al consumo total de energía eléctrica de toda la Industria española. Si el potencial necesario para la tracción eléctrica de nuestra red ferroviaria había de ser, como es lógico, en su mayor parte, de procedencia hidroeléctrica, y la economía en carbón, por el cambio de tracción, no llegase más que a un millón de toneladas anuales, son tan altos los precios a que hoy se cotiza este combustible, y, al parecer, tan remoto o probable su descenso, que sólo este ahorro producido por la electrificación, justificaría la adhesión franca y entusiasta de las Compañías a todo proyecto con el que se acelere y facilite su implantación.

Las entidades poseedoras de concesiones o *minas de carbón* debieran también participar intensamente en el proyecto. Es hoy tendencia general en todos los países disminuir los transportes de carbón, mediante la creación de centrales eléctricas en los mismos distritos mineros, las cuales suministrarían a la Industria flúido eléctrico en vez de combustible; idea tanto más viable económicamente, cuanto mayor sea el radio de distribución de tales centrales, precisamente lo que se lograría con su acoplamiento a la red general de interconexión.

Con la producción de electricidad en grandes centrales para el aprovechamiento indirecto de la energía de la hulla, obtendría positivas ventajas la economía nacional. En esas centrales sería posible el empleo en gran escala de los más recientes procedimientos para intensificar y aumentar su coeficiente de aprovechamiento, tales como: medios mecánicos, automaticismo, altas presiones y recalentamientos, pulverización del combustible, gasificación previa con separación de subproductos, recuperación del calor disipado en los procesos de utilización, combustión de hidrocarburos, etcétera. Son éstos problemas cuya solución perentoria, en lo que concierne a nuestras fuentes de energía, justificaría la creación de un gran Instituto Tecnológico, en donde, a la manera como en nuestros establecimientos oficiales agrícolas se estudian las cuestiones que afectan a la producción del suelo, se ensayasen en gran escala, y con orientación industrial, los medios de utilizar y lanzar a la circulación económica riquezas naturales. Y no debiera esperarse a que esta función se encarguen de ejercerla elementos privados de fuera o del mismo país, porque, sin rehuir su concurso, sino, al contrario, solicitándolo y aprovechando su experiencia, todos los procedimientos industriales requieren un proceso de adaptación que, en el caso examinado, incumbe esencialmente al Estado: sólo encargándose éste de él con la debida diligencia y organización, podrá difundirse rápidamente, sin el efecto retardatriz propio del egoísmo, necesario estimulante de la acción privada.

En el orden de intereses afectados por la interconexión, toca citar

a los *concesionarios de aprovechamientos hidráulicos*. Una de las principales finalidades de aquélla sería precisamente la de proporcionar mercado a tales aprovechamientos; así es que los que poseen derechos sobre ellos, están en el caso de intervenir individual o colectivamente en la puesta en marcha y ejecución del proyecto. Pero, al considerar estos intereses particularísimos, cuya personalidad reconoce por título la posesión de un derecho otorgado por el Estado como mandatario de la comunidad, cuyo objetivo, en muchos casos, no es otro que especular con aquél, y cuyo valor podría aumentar excepcionalmente sin sacrificio de su parte, por la realización del proyecto, ¿no habría de equipararse en muchos casos el concesionario de un salto al terrateniente de una zona de riego, y obligársele, aun con mucha más razón que a éste, a su adhesión y hasta aportación para contribuir a la mejora? ¿No estaría justificada la expropiación de su derecho en favor de una entidad que, bajo la tutela del Estado, explotase la red?

Esta cuestión cae dentro de la órbita de las modernas tendencias económicosociales; y no es mi ánimo, al apuntarla, hacer campaña contra los especuladores de concesiones, sino más bien llamar la atención sobre la necesidad en que se hallan de no desentenderse de un proyecto que tan de cerca les roza, esperando que, con su realización, *les sean sacadas las castañas del fuego*. En buena equidad, y quiero olvidar leyes y reglamentos, la colectividad les ha otorgado los derechos que ostentan, en cuanto no constituyan un estorbo para los intereses propios de ella; así es que deben aprestarse a coadyuvar a sus fines, y aun sacrificar sus egoísmos para que no llegue tal caso.

ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA Y TÉCNICA

Es necesaria una organización administrativa *ad hoc* para el planteamiento y desarrollo del proyecto de red. La Real orden de 28 de diciembre de 1918 relativa a él prevé, como base de organización, la actual Comisión permanente de Electricidad; y a esto me permito objetar modestamente, y salvando toda clase de admiraciones y respetos hacia sus miembros, que esto no sería eficaz, y desvirtuaría el carácter de aquel organismo, a mi juicio, esencialmente consultivo. Precisamente por no haberse reconocido así, la legislación eléctrica, en España, ha sido, hasta ahora, deficientísima, quedando siempre bastantes años rezagada con relación a los demás países.

Desde el 7 de octubre de 1904, fecha de la promulgación del anterior Reglamento de instalaciones eléctricas, hasta el 27 de marzo último, en que apareció el vigente, esto es, durante cerca de quince años,

han estado rigiendo preceptos cuajados de dislates técnicos, como es natural, jamás observados, debiendo los concesionarios acogerse, para ejecutar sus proyectos, al buen sentido y a la conmiseración de las autoridades encargadas de aplicarlos. Si no recuerdo mal, cuando se dictó el citado Reglamento, formaba parte de la Comisión de Electricidad nuestro gran Echegaray; lo que demuestra, sin género de duda, que el mal no radica en la falta de méritos o capacidad técnica indiscutibles de las personas que la forman, sino en el sistema de cooperaciones honoríficas y desinteresadas a que tan propicio se muestra el Estado español. En el período de vigencia de aquellas disposiciones, la Técnica ha realizado gigantescos progresos, a los que han ido adaptándose las prescripciones oficiales de los países que los han iniciado, y principalmente Alemania.

Al Reglamento actual no le ha faltado, como vulgarmente se dice, ningún requisito oficial: Real orden de convocatoria de reforma, repleta de altas consideraciones; extensa información pública; dictámenes a granel, y, a mayor abundamiento, cinco años cumplidos para redactarlo. Pues bien: al cabo de este tiempo, se ha publicado un reglamento *provisional,* complicando la tramitación, nutrido de coeficientes cabalísticos, muchos de los cuales no podrán tampoco tenerse en cuenta, y haciendo abstracción de las grandes instalaciones; lo que, en cierto modo, es de agradecer.

Las causas de estas deficiencias nos alcanzará probablemente a todos; y citaré: la desidia oficial, la colectiva, nuetro espíritu individualista, el atraso técnico, la falta de un cuerpo bien definido de especialistas, etcétera. Urge ponerles remedio, implantando una organización burocrática, técnica y administrativa, que responda a las necesidades futuras relacionadas con la producción, transporte y aplicaciones de la electricidad, a la vez que estimule la actuación privada.

Base de tal organización había de ser, según lo que pienso, la creación del *Cuerpo de Ingenieros Electricistas,* pero con gran amplitud de miras y sin dar mucha beligerancia al fetiche de casta. Con él desaparecería la baraúnda de títulos actuales, con que la iniciativa privada, no siempre acertada ni altruista, ha reemplazado viciosamente la inhibición, en la materia, del Estado. Cesaría también el pugilato latente, por ostentar la condición de electricista, entre las diferentes especialidades de Ingenieros españoles, fundándose en que todos ellos, más o menos, por las mismas necesidades de la profesión, han de entender en las aplicaciones de la Electricidad. Por otra parte, el campo de éstas es hoy tan extenso, que ninguna de nuestras actuales Escuelas tendría derecho a reivindicar la exclusiva de la especialidad eléctrica fundándose en enseñanzas oficiales que distan mucho de ser completas. Realmente, si lle-

gara a formarse el Cuerpo de Electricistas, como he sugerido, aún habría que pensar en subdividirlo en varias especialidades: constructores, de laboratorio, de aplicaciones y explotación, electrometalúrgicos, electroquímicos, las cuales, en su conjunto, no sería capaz de dominar el más consumado electricista.

Las diferentes especialidades de Ingenieros civiles y militares, en un plazo determinado propondrían los individuos, de entre ellas, que, a su juicio, y previa solicitud de los interesados con relación de méritos, podrían ostentar el título de electricistas. Al Estado correspondería eventualmente revalidarlos, para formar el Cuerpo, del cual, en el régimen de libertad que preconizo, no debieran excluirse ni aun a los extranjeros naturalizados en España.

Al propio tiempo, se crearía la Escuela y Laboratorio Central de Electricidad, no precisamente a base de unas parrafadas de la *Gaceta*, un local cualquiera y varios electricistas *de influencia*, sino seriamente y sin tacañerías. La camaradería de Escuela proporcionaría el aglutinante y fortalecería el espíritu de Cuerpo, que, claro está, no podría ser muy intenso en los primeros Ingenieros, por sus distintas procedencias.

Este nuevo organismo profesional, representado por su Asociación, sería el promotor de cuanto se relacionase con las aplicaciones de la Electricidad, y en él había de reclutar el Estado los agentes encargados de sus servicios eléctricos, sin que por eso deje de subsistir, reformada y ampliada y con carácter consultivo, la actual Comisión de Electricidad.

Paralelamente al Cuerpo de Ingenieros, se formaría el de auxiliares, técnicos o peritos, tan indispensables como aquéllos. A los actuales, yo me permitiría aconsejarles no desnaturalizasen su misión, ni concediesen, a la cuestión de denominación o título, una importancia que, a mi juicio, no tiene. Un título es algo cuando representa un valor cultural y útil contrastado por la actuación social del individuo que lo posee; si no es así, se convierte en una etiqueta con pretensiones de privilegio, y la sociedad moderna prescinde de más en más de estos fetiches, dando su preferencia al *self-made man,* al individuo autoformado, aunque carezca del marchamo de toda colectividad profesional.

En vista de los futuros planes y del desarrollo creciente de las instalaciones eléctricas, el ministerio de Fomento debiera también ampliar su organización burocrática, creando el Negociado o Servicio Central de Electricidad, desempeñado por especialista competente, a cuyo cargo estaría la legislación, estadística, información técnica de expedientes, verificación de contadores, etcétera. Su cometido llegaría a ser tan

grande al establecerse la red general de interconexión, que precisaría su desdoblamiento en otros varios centros auxiliares o secundarios.

Esta organización se completaría con la división territorial en demarcaciones o grandes sectores eléctricos interurbanos; por ejemplo, los siguientes:

SECTORES	REINOS O PROVINCIAS QUE COMPRENDE
Central....................	Castilla la Nueva, Avila, Segovia y Soria.
Norte......................	Santander, Burgos, Palencia, Valladolid, Logroño, Provincias Vascongadas y Navarra.
Nordeste.................	Aragón y Cataluña.
Noroeste..................	León, Asturias y Galicia.
Levante....................	Valencia y Murcia.
Poniente..................	Extremadura y Salamanca.
Sur.........................	Andalucía.

En una de las capitales de cada sector residiría un Jefe-representante de la Administración, con el personal necesario que entendería en todo lo concerniente a las instalaciones eléctricas de luz, fuerza, tracción y otras aplicaciones. Estos agentes, dependientes del Servicio Central de Electricidad, serían los encargados de promover las interconexiones regionales y estudiar, de acuerdo con las entidades explotadoras y consumidoras, los problemas con ella relacionados.

LA ENTIDAD GESTORA

A pesar de la organización administrativa, reconocida como indispensable, creo que nadie sería partidario de confiar exclusivamente al Estado el proyecto de electrificación general; sería tanto como aplazar su realización más de lo que conviene a los intereses del país. Hace falta la creación del organismo mixto a que aludimos anteriormente; que actúe rápida, eficaz y desembarazadamente, similarmente a como podría proceder una entidad privada: con estructura propia, aunque bajo la tutela del Estado, y sin más nexo con la burocracia oficial que el representante de aquél, asumiendo las funciones de Presidente de su Consejo de Administración o Gobierno.

Esta entidad mixta, que denominaremos "Sociedad de Electrificación general", tendría, al principio, por misión el estudio y lanzamiento de los proyectos; su capital, reducido, sería el que requiriesen estos

objetivos primordiales. Después, en vista de la ejecución de aquéllos, habría de ampliarse, teniendo en cuenta la experiencia adquirida en su funcionamiento durante el primer período de ensayo.

El esquema de este organismo podría ser el siguiente:

1.° *Clase.*—Sociedad anónima.

2.° *Objetivo.*—La interconexión y electrificación generales, los negocios relacionados con ellas, compraventa de energía, construcción de centrales, etcétera.

3.° *Socios.*—El Estado, entidades afectadas por la interconexión y las que designe el primero.

4.° *Tutela.*—El Estado tendría la mayoría de acciones y la Presidencia del Consejo.

5.° *Participación.*—Ningún accionista, a excepción del Estado, podrá poseer más del 5 por 100 del capital-acciones. Aquél se reserva la aprobación de transferencias, y aun el derecho de rescate, por causa de interés público.

6.° *Capital.*—El de acciones será reducido; el de obligaciones, grande.

7.° *Empréstitos.*—La Sociedad podrá emitirlos con la garantía subsidiaria del Estado, cuya suscripción sería obligatoria para las entidades que resultaren beneficiadas con su inversión, estableciendo plazos equitativos de pago.

8.° *Interés.*—El Estado garantizaría un determinado interés al capital.

9.° *Privilegios.*—La Sociedad los disfrutaría especiales, en relación con las concesiones de la riqueza pública, necesarias para sus fines.

10.° *Gerencia.*—Un Comité-director en Madrid, con representantes o delegados en los diferentes sectores, regiría la Sociedad.

CONFERENCIA PREPARATORIA

El lanzamiento del proyecto requiere que se pongan en contacto los intereses afectados por él. Al objeto, convendría, a mi juicio, la celebración en Madrid de una Conferencia de representantes de aquéllos, limitando su número a los indispensables, en interés de la rapidez de sus deliberaciones, y teniendo en cuenta el carácter preparatorio de la Asamblea. Yo propondría los siguientes:

Compañías de Electricidad.—Un representante de las Compañías pequeñas, por sector, o sean, siete.

Otro de cada una de las grandes Compañías, entre las cuales recuerdo: Compañías de Cataluña: "Riegos y Fuerza del Ebro", "Cata-

lana de Gas y Electricidad", "Energía Eléctrica de Cataluña", "Productora de Fuerzas Motrices".—"Hidroeléctrica Ibérica" e "Hidroeléctrica Española" (representantes de otras entidades de varias regiones de España), "Unión Eléctrica Madrileña", Sociedad Popular Ovetense, "Eléctricas Reunidas de Zaragoza", Compañía anónima "Mengemor", Compañía Sevillana de Electricidad, y alguna otra que pueda olvidárseme involuntariamente. En conjunto, diez y ocho representantes.

Entidades industriales.—Entiendo que, para el objeto, cuatro representantes de las Cámaras de Industria, de los diferentes sectores agrupados (Central, Nordeste-Levante, Norte-Noroeste, Poniente-Sur), serían suficientes.

Compañías de ferrocarriles.—Otros cuatro representantes de las siguientes: Norte, M.-Z.-A., Andaluces, las demás Compañías.

Entidades hulleras.—Tres representantes de las cuencas mineras del Norte (Asturias y León), Noroeste (Berga, Utrillas, Menquineza, Teruel) y Sur (Peñarroya, Bélmez, etc.).

Concesionarios de saltos de agua.—Tres representantes por las Divisiones hidráulicas del Ebro, Duero y el grupo de las restantes; un representante de la Comisión permanente de Electricidad; un representante del Gobierno.

El número total de representantes que asistirían a la Conferencia sería, pues, de treinta y cuatro, y se ocuparían de:

1.º Puntualizar el objetivo de la interconexión y electrificación, y los medios de lograr la más intensa cooperación de sus representados, y de estimular su interés.

2.º Establecer el programa para su implantación y desarrollo.

3.º Redactar los Estatutos de la Sociedad general de Electrificación, o, por el pronto, de la de Estudios.

4.º Nombrar una ponencia o Comité encargada de iniciar la propaganda, promover cooperaciones y llevar a cabo las gestiones oficiales y privadas que precisen, hasta conseguir que el proyecto entre en fase de realización.

5.º Arbitrar los recursos necesarios para desenvolver la actuación anterior, recabando al efecto una subvención oficial.

6.º Proponer al Gobierno las medidas de todas clases, burocráticas, administrativas o legislativas que, bien por sí mismo o con la autorización de las Cortes, habría de adoptar o proponer a éstas inmediatamente, para facilitar la realización del proyecto.

El ministerio de Fomento debiera dictar, en un plazo máximo de dos meses, la Real orden-convocatoria de la Asamblea propuesta.

DISPOSICIONES LEGISLATIVAS DE CARÁCTER URGENTE

Sin perjuicio de las que concrete la Conferencia antes mencionada, debo citar dos que, a mi juicio, no admiten aplazamiento y coadyuvarían a la finalidad de esta Memoria.

La *primera* se refiere a recursos económicos. Aun en los comienzos del desarrollo de la empresa propuesta, no conviene fiar mucho su éxito a las cooperaciones altruistas.

Yo estimo que si, en la primera mitad del año próximo, se lanzase el proyecto, como conviene y es perfectamente factible, en los Presupuestos del Estado que habrán de empezar a regir en primero del año próximo, debía ya preverse una partida de, por lo menos, 500.000 pesetas a él destinada. Esta suma se invertiría en la nueva organización administrativa y en la "Sociedad de Estudio de la Electrificación general". Si se organizase el Cuerpo de Ingenieros-Electricistas, estableciendo Escuela y Laboratorio a él anejos, la partida había de elevarse, por lo menos, a 1.000.000 de pesetas.

La *segunda medida legislativa,* de gran urgencia, es la reforma de la ley de Servidumbre forzosa de paso de corriente, de 23 de marzo de 1900, y la de Expropiación forzosa, de 10 de enero de 1879 y reglamento de 13 de junio del mismo año. Estas disposiciones, sin duda, representaron un gran adelanto cuando se promulgaron; pero hoy resultan inadecuadas: el Estado ha sido y es la primera víctima de ello, a pesar de lo cual, las Cortes del Reino no han podido reformarlas en los cuarenta años de vigencia, siendo preciso, cada vez que se quiere ejecutar una obra con rapidez, como en el caso del ferrocarril de Ponferrada a Villablino, dictar alguna disposición con carácter particular que evite las interminables tramitaciones de la ley general.

Para la construcción de líneas de interconexión como las propuestas, con longitudes que excederían de 1.000 kilómetros, haría falta imponer servidumbre de paso de varias líneas sobre zonas de 40-50 metros de ancho y de la longitud expresada; y asusta pensar la serie de dificultades que habrían de vencerse, el fárrago de tramitaciones y el caudal de paciencia necesario para obtener la servidumbre, sin otras armas para luchar contra el egoísmo de sus dueños y la desidia de las autoridades que las disposiciones actuales.

Ya la ley de Paso de corriente de 1900 establece, a mi juicio, un criterio perfectamente leonino contra el concesionario, al exigirle el pago de una faja de dos metros de anchura, que no ha de apropiarse, a diferencia de los demás casos de expropiación. Ahora bien: si esta onerosa estimación reconoce por causa el no ocupar realmente el con-

cesionario el terreno afectado, y se ha querido favorecer al propietario, compénsese al menos al primero aligerando los trámites y defendiéndole más eficazmente de la codicia del segundo.

A mi parecer, si, al solicitarse las servidumbres, se exigiese la presentación de una clasificación valorada de los terrenos cruzados por la línea, sacada de los datos del Registro, contribución o amillaramiento, y esa clasificación fuese aprobada por el Agente competente de la Administración, Ingeniero agrónomo o de Montes de la provincia, podría servir de base para la ocupación o *imposición inmediata de servidumbre temporal* sobre el predio, obligándose el concesionario a variarla si la resolución del expediente diese la razón al propietario que solicitare variación de trazado. Es seguro que todo concesionario aceptaría esta condición, porque acaso no lleguen al uno por mil los casos en que el propietario tenga razón y pretenda otra cosa, al suscitar trámites dilatorios, que cobrar mayor indemnización. Con el procedimiento indicado, se daría un paso gigantesco para imprimir rapidez a la tramitación de los expedientes, porque, entonces, el propietario, al revés de lo que acontece ahora, tendría en ello un decidido interés.

La morosidad consciente e inconsciente de los Alcaldes encargados de evacuar los trámites marcados por el Reglamento, es otra de las causas eficientes de dilación. Los Alcaldes han de ser los intermediarios entre el Gobernador y los propietarios, sin intervención del concesionario; pero, en la práctica, debe intervenir éste personalmente y acudir al empleo de toda clase de medios, si quiere ganar tiempo. ¿Por qué, pues, no reglamentar y dar carácter legal u oficial a esta intervención privada, limitando la de Alcaldes y Secretarios o su albedrío, en la evacuación de trámites, a lo estrictamente indispensable?

Por último, he de citar otra gran calamidad que afecta a los expedientes de expropiación: la amoralidad de los peritos y el que pudiéramos llamar funesto criterio promediador. Contra los desafueros del perito contrario que tasa la indemnización cinco y hasta veinte veces su valor real, cabe al concesionario defensa muy débil, porque no puede atribuir a su tasación propia un valor tan bajo que el promedio se acerque al justo valor; a ello se opone el precedente que establece lo pagado en la misma zona. El tercer perito tampoco resuelve la dificultad, porque, aun atribuyéndole una probidad que no siempre posee, por comodidad, por tradición o por otras consideraciones menudas, el laudo promediante es a lo más a que puede aspirar el concesionario.

Urge, por consiguiente, en cuanto al trámite del justiprecio, que la ley concrete más el importe de la afección y la base de percepción; que se restrinjan las facultades de los peritos, subordinándolas a la de otros organismos oficiales que desempeñen el papel de moderadores; que se

aquilaten más las condiciones de aquéllos, como garantía de su rectitud, y, en fin, que se castigue la prevaricación y el "chantage", estableciendo sanciones eficaces e inmediatas, en las varias formas sugeridas por cuantos se han ocupado de estas cuestiones, cuando peritos y terratenientes con ellos confabulados incurran en aquellos delitos. Y al expresarme en esta forma, no me guía una animadversión sistemática contra la propiedad privada, hoy, tal vez, en moda, ni dejo de reconocer los desafueros que, a veces, intentan cometer o cometen los concesionarios; pero colocándolos en un plano completamente imparcial, habrá de reconocerse por cuantos hayan intervenido en esos expedientes que en la inmensa mayoría de los casos, corresponde a los últimos desempeñar el papel de víctimas.

Este problema es conocido perfectamente por el Cuerpo de Obras públicas; su Asociación es la llamada, por este motivo, en primer término, a proponer inmediatamente la reforma de la ley vigente de Expropiación y Servidumbre forzosas. Al Gobierno correspondería, en vista de los planos futuros de electrificación, invitar también a las grandes entidades de Electricidad citadas en el curso de esta Memoria y que con más intensidad han debido padecer y orillar las dificultades aludidas, indiquen, en breve plazo, las reformas de las actuales disposiciones que, a su juicio, podrían facilitar las tramitaciones y salvaguardar sus intereses.

Ambas propuestas servirían de base para redactar y presentar a las Cortes el correspondiente proyecto de ley.

En virtud de lo expuesto en el curso de esta Memoria, tengo el honor de presentar a la deliberación del Congreso las siguientes

CONCLUSIONES

Primera. *Urgencia de la interconexión y electrificación.*—Siendo de oportunidad y alta conveniencia para los intereses colectivos, como base de renacimiento industrial, y para promover intensamente la electrificación en todos los órdenes y factores integrantes de la economía nacional, la interconexión general de las instalaciones eléctricas actuales y futuras, extendidas por todo el territorio, procede que el Gobierno adopte, con la mayor urgencia, las disposiciones conducentes a la realización de un proyecto de Red general de Electrificación en España.

Segunda. *Elctrificación de ferrocarriles.*—La interconexión tendrá una aplicación inmediata a la electrificación futura de la red ferroviaria española, por lo que el proyecto de red que en definitiva se adop-

te habrá de tomar en consideración las necesidades de la tracción eléctrica y concordar con ellas sus características.

Tercera. *Entidad electrificadora.*—El planteamiento y desarrollo del proyecto de electrificación general y, más tarde, la explotación de la red y de los negocios o empresas con la electrificación relacionados, según oportunamente habrá de puntualizarse, se confiarán a una entidad u organismo semioficial, con estructura independiente de la Administración pública. En él participarán, de una parte, el Estado, que ejercerá la función tutelar y directiva, avalando el desenvolvimiento económicofinanciero de aquélla, reclamado por los intereses colectivos; de otra, serán partícipes las entidades o intereses afectados por las Empresas de electrificación general, y, principalmente, las siguientes: Compañías de Electricidad, entidades industriales, Compañías de Ferrocarriles, propietarios o concesionarios de minas de carbón, concesionarios de saltos de agua.

Cuarta. *Conferencia preparatoria.*—El Gobierno deberá convocar, en el plazo más breve posible, la reunión, en Madrid, de una Asamblea o Conferencia de las representaciones de intereses afectados por la interconexión, cuya misión sería:

1.º Establecer el programa para implantar la electrificación.

2.º Redactar los Estatutos de la Sociedad de Estudio, y, eventualmente, de la Sociedad general de Electrificación.

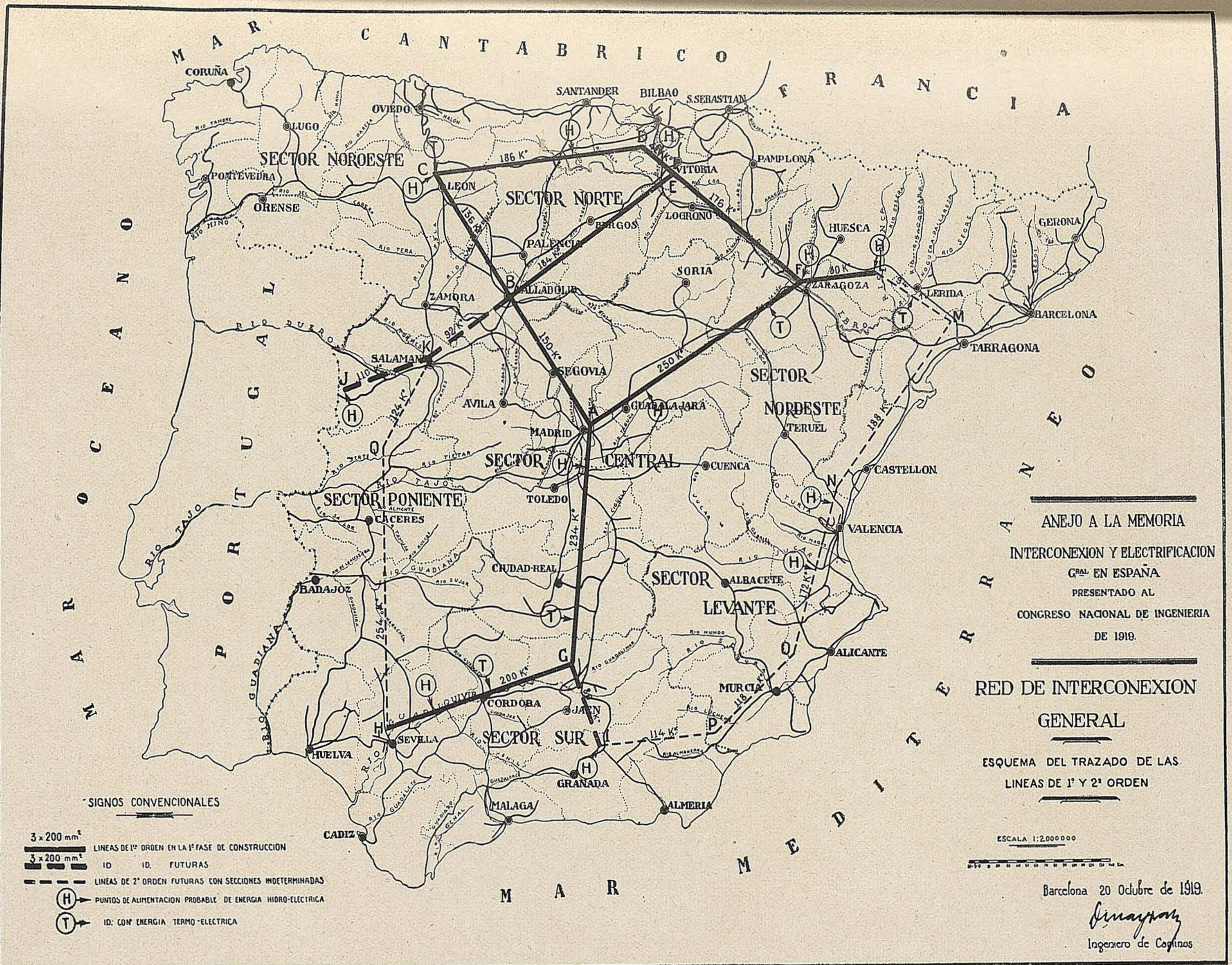
3.º Nombrar una Ponencia o Comité de propaganda y desarrollo de la idea, que había de promover las cooperaciones oficiales y privadas; otro Comité técnico de estudio de la red general de electrificación; un tercer Comité, también técnico, que estudie la electrificación de nuestros ferrocarriles.

4.º Proponer al Gobierno la adopción de cuantas disposiciones sean conducentes a la realización del proyyecto.

Quinta. *Sistema de electrificación.*—Los dos Comités de especialistas encargados de estudiar todas las cuestiones de carácter técnico que afecten a la interconexión general, uno de ellos, y el otro, las referentes a la electrificación de ferrocarriles, habrán de ponerse de acuerdo en lo concerniente a las características o elementos comunes a ambas instalaciones, emitiendo dictámenes sobre los sistemas que conviene adoptar.

Sexta. *Crédito a prever.*—En los Presupuestos del Estado que próximamente habrán de presentarse al Parlamento, se incluirá una partida de 500.000 pesetas destinada al lanzamiento y desarrollo del plan de electrificación general y a la implantación de las organizaciones técnicas y administrativas con él relacionadas.

Séptima. *Reforma de la organización administrativa.*—El Estado



ANEJO A LA MEMORIA
INTERCONEXION Y ELECTRIFICACION Gral EN ESPAÑA
PRESENTADO AL
CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA
DE 1919.
RED DE INTERCONEXION GENERAL
ESQUEMA DEL TRAZADO DE LAS LINEAS DE 1r Y 2a ORDEN
ESCALA 1:2.000000
Barcelona 20 Octubre de 1919.
Ingeniero de Caminos
SIGNOS CONVENCIONALES
3 x 200 mm² LINEAS DE 1er ORDEN EN LA 1a FASE DE CONSTRUCCION
3 x 200 mm² ID ID. FUTURAS
LINEAS DE 2° ORDEN FUTURAS CON SECCIONES INDETERMINADAS
H PUNTOS DE ALIMENTACION PROBABLE DE ENERGIA HIDRO-ELECTRICA
T ID. CON ENERGIA TERMO-ELECTRICA
MAR CANTABRICO
FRANCIA
MAR OCEANO
PORTUGAL
MAR MEDITERRANEO
SECTOR NOROESTE
SECTOR NORTE
SECTOR NORDESTE
SECTOR CENTRAL
SECTOR PONIENTE
SECTOR LEVANTE
SECTOR SUR
CORUÑA
LUGO
OVIEDO
PONTEVEDRA
ORENSE
LEON
SANTANDER
BILBAO
S.SEBASTIAN
VITORIA
PAMPLONA
LOGROÑO
BURGOS
PALENCIA
VALLADOLID
ZAMORA
SALAMANCA
SORIA
HUESCA
ZARAGOZA
LERIDA
GERONA
BARCELONA
TARRAGONA
SEGOVIA
AVILA
MADRID
GUADALAJARA
TERUEL
CUENCA
CASTELLON
VALENCIA
TOLEDO
CACERES
CIUDAD-REAL
ALBACETE
BADAJOZ
ALICANTE
MURCIA
CORDOBA
JAEN
SEVILLA
HUELVA
GRANADA
MALAGA
ALMERIA
CADIZ
186 K.
176 K.
156 K.
184 K.
150 K.
250 K.
80 K.
92 K.
110 K.
124 K.
234 K.
200 K.
254 K.
114 K.
118 K.
172 K.
188 K.
RIO DUERO
RIO TAJO
RIO GUADIANA
RIO EBRO
RIO MIÑO

procederá con urgencia, en previsión de los futuros planes de electrificación, a reformar su organización burocrática y técnica actual, creando en el ministerio de Fomento el Negociado Central de Electricidad, que asuma la tramitación, desde el punto de vista técnico, de los expedientes de instalaciones eléctricas. A este Centro estará adscripta una organización extendida a toda la Península, que al efecto se dividirá en sectores o circunscripciones, dentro de los cuales representarán al Negociado Central y ejercerán la inspección técnica de las instalaciones agentes oficiales.

Octava. *Reforma de las disposiciones vigentes sobre expropiación y servidumbres.*—Afectando extraordinariamente los planes de electrificación propuestos a la propiedad privada, y no siendo eficaces las disposiciones vigentes para lograr su enajenación forzosa o la imposición de las servidumbres necesarias de paso de corriente en favor de la entidad electrificadora, la Dirección general de Obras públicas invitará a la Asociación de Ingenieros de Caminos y a las Compañías más importantes de Electricidad de España, estas últimas conjuntamente, a que formulen en breve, por separado, un proyecto de reforma de la ley de Expropiación forzosa de 10 de enero de 1879, su reglamento de 13 de junio del mismo año y la ley de Servidumbre de paso de corriente de 23 de marzo de 1900.

Inspirándose en estas propuestas, se redactará un proyecto de ley, para ser presentado a las Cortes, en el que, recogiendo las aspiraciones de mejora de aquellas disposiciones, tantas veces expresadas por las corporaciones oficiales y particulares, se salvaguarden mejor sus intereses y faciliten las tramitaciones."

Llegado a este punto, y sin objeción de ninguna clase, se votaron también por unanimidad las conclusiones de la ponencia leída en el día anterior por el Sr. BERASALUCE, cuya votación se aplazó para esta sesión, a fin de que fuera también discutido, si había lugar, el trabajo del Sr. MAYORAL, que guardaba con aquél alguna relación.

Escuchó después la Sección la Memoria, presentada por el señor DELGADO, sobre el tema "La producción y explotación de energía eléctrica en España no debe ser objeto de monopolio", cuya única conclusión, lo mismo que la de los temas anteriores, se aprobó sin ninguna discusión. (El autor ofrece ejemplares de su trabajo a cuantos señores Congresistas se lo pidan.)

Con lo que se levantó la sesión a las doce y cuarenta y cinco de la mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 19 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y cuarenta de la mañana.

El Sr. NOVOA explana su trabajo, cuyas conclusiones, sin discusión alguna y por unanimidad de toda la Sección, fueron aprobadas. Dice así dicho trabajo:

"REALIZACION DE LA TELEFONIA A LARGA DISTANCIA EN ESPAÑA

Por D. E. NOVOA, *Jefe de Línea de Telégrafos.*

Objeto del presente estudio.

LA TELEGRAFÍA A LARGA DISTACIA EN ESPAÑA: NECESIDAD DE SU ESTABLECIMIENTO.—Existe en España un problema de sumo interés e importancia cuya solución completa e inmediata origina una cuestión previa para que las industrias nacionales adquieran el desarrollo que exige la moderna vida de los pueblos en el concierto mundial de la Civilización.

La comunicación rápida, la telecomunicación eléctrica, es un poderoso e indispensable auxiliar de la Industria; y tratar de intensificarla, de hacerla verdaderamente útil al Comercio e Industria nacionales constituirá un tema de alto interés positivo para ser tratado en un Congreso de Ingeniería.

Es nuestro propósito señalar los medios técnicos de realización práctica inmediata para el establecimiento en España de la Telefonía a larga distancia que permita la comunicación directa entre los pueblos más alejados. Trátase, pues, de hacer posible el establecimiento de comunicaciones tan importantes y tan insistentemente reclamadas como las siguientes: Barcelona-Coruña, Bilbao-Valencia, Barcelona-Sevilla y otras muchas.

Técnica telefónica: Su aplicación al mejoramiento de las comunicaciones.

Leyes de la propagación.—Ecuación de los telegrafistas.—Es por demás sabido que en una línea telefónica doble, completamente metálica e infinitamente larga, en relación con el diámetro del hilo, de características o constantes primarias R, L, C y S, la variación del potencial, al aplicar una f. e. m. sinusoidal de pulsación ω viene dada por la ecuación diferencial

$$\frac{d^2V}{dx^2} = RVS + RC\frac{dV}{dt} + LS\frac{dV}{dt} + LC\frac{d^2V}{dt^2} \quad [1]$$

llamada *ecuación de los telegrafistas.*

Constantes secundarias.—La ley general dada por la ecuación diferencial anterior rige la propagación de una perturbación eléctrica periódica en la línea. Puesta bajo forma imaginaria, vendrá en función de un factor complejo P (*constante de propagación*) de la forma $\alpha + j\beta$, siendo α el *coeficiente de atenuación* de la onda, y β la *constante de longitud de la misma.*

La perturbación eléctrica se propagará a lo largo del sistema lineal del circuito con una velocidad $W = \frac{\omega}{\beta}$ [2] dependiente de la frecuencia.

Deformación de las ondulaciones de la voz.—La voz humana engendra en el teléfono corrientes onduladas que se propagan por la línea, compuestas, según la *fórmula de Fourier,* de una onda fundamental y de armónicos de distintos órdenes, que han de llegar al extremo receptor del circuito, conservando sus características (*amplitud y ángulo de fase*), para que el sonido emitido en el transmisor se reproduzca lo más exactamente posible: es el principio fundamental de la Telefonía.

Serie de Fourier.—Cable de Heaviside sin deformación.—Problema de la Telefonía.—La *serie de Fourier*

$$y = A_0 + A_1 \operatorname{sen}(\omega t - \varphi_1) + A_2 \operatorname{sen}(2\omega t - \varphi_2) + \ldots . \quad [3]$$

muestra además la distinta frecuencia de los armónicos, y, por tanto, éstos poseerán diferentes longitudes de onda; lo que equivale a decir

que las ondas elementales del movimiento se atenúan o amortiguan desigualmente, resultando la deformación de la onda de llegada; y los sonidos recibidos diferirán grandemente de los pronunciados en el origen de la línea. El problema fundamental de la Telefonía consiste, pues, en modificar las constantes primarias del circuito para anular la deformación.

El sabio electricista Heaviside dedujo que, cuando las características de la línea satisfacen la condición LS = CR [4], la velocidad de propagación de las ondas es independiente de la frecuencia, idéntica para los distintos armónicos; por tanto, el cable sobre el que se propaguen estará exento de deformación.

Límite práctico de la Telefonía ordinaria.—Tratándose de un circuito aéreo ordinario, y siendo aceptable la comunicación cuando el amortiguamiento total es inferior a 3, dedúcese la siguiente tabla de distancias-límites para la comunicación:

Cobre 2 mm....................	430 Km.
— 3 —	600 —
— 4 —	1.000 —
— 5 —	1.500 —

Como C y L son de ordinario despreciables al lado de R y S, la atenuación se hace independiente de la frecuencia, y a depende esencialmente de la resistencia del conductor. La distancia de la comunicación se aumenta teóricamente de un modo ilimitado; pero existiendo prácticamente imposibilidad material de aumentarla por serias razones económicas que se oponen al empleo de conductores de más grueso diámetro que el utilizado, aparte de otras objeciones de orden técnico que podrían recordarse, resulta que la Telefonía ordinaria presenta un límite. No hace mucho que la mayor línea explotada con teléfono era la de la comunicación París-Roma, de 1.500 Km. de longitud de hilo de cobre de alta conductibilidad y de 5 milímetros de diámetro; a esta distancia, sólo eran aceptables las comunicaciones de central a central; pero cuando se enlazaba a dicho circuito internacional una línea interior o secundaria, la conversación ya no podía verificarse, por haber pasado el límite de la distancia admitida.

Resulta que la Telefonía a larga distancia, por numerosas razones técnicas y económicas, no puede, pues, realizarse por los procedimientos de líneas ordinarias.

Tratándose de líneas subterráneas, en las que la capacidad es muy

grande comparada con la autoinducción, el amortiguamiento se reduce $a = \alpha\sqrt{\pi\omega CR}$, dependiente de la frecuencia; con un cable ordinario de "gutta", el límite práctico de la comunicación telefónica son 80 Km.

MEJORAMIENTO DE LAS LÍNEAS: SISTEMA PUPIN.—CABLES DE INDUCTANCIA REFORZADA ARTIFICIALMENTE. — Recordando la expresión $I = I_0 e^{-\alpha l}$ de la corriente de llegada, se ve que, para aumentarla, conviene reducir α todo lo posible y hacerlo independiente de la frecuencia para que el cable sea sin deformación. La reducción de α obtiénese principalmente aumentando la autoinducción o reduciendo la resistencia y la capacidad; más fácil es lo primero que lo segundo.

En 1899 expuso Pupin un estudio magistral, estableciendo por el cálculo los principios en los que se basa actualmente la Telefonía a larga distancia por el empleo de *líneas con inductancia reforzada artificialmente.* Demostró Pupin que aumentando el valor de la autoinducción, no sólo *se produce un amortiguamiento mínimo,* sino que, simultáneamente, *se iguala la deformación en los distintos armónicos;* a la vez que se aumenta la intensidad de llegada, se suprime la deformación, obteniendo la limpieza de la palabra.

La teoría supone el caso de una autoinducción uniformemente repartida a lo largo del conductor; pero los laboriosos cálculos de Pupin llegaron a una consecuencia de importancia para la construcción de las *líneas pupinizadas*: intercalando *células de autoinducción en el circuito,* se obtienen los mismos resultados que si la autoinducción estuviese uniformemente repartida, siempre que la distribución de esas autoinducciones acumuladas se someta a una ley determinada.

Gracias a estos principios establecidos, realízase hoy la pupinización de toda clase de líneas en condiciones favorables; se construyen actualmente gran número de líneas pupinizadas con el fin de economizar cobre en el caso de líneas de longitud media o para aumentar el alcance de la comunicación telefónica; la pupinización aplícase también con éxito notable a las comunicaciones subterráneas y submarinas. En el caso de cables, el aumento de la constante L por kilómetro se obtiene de una manera uniforme por el procedimiento del Ingeniero danés Krarup, aumentando la permeabilidad del medio que rodea al conductor; la *krarupización* es menos económica que la *pupinización,* y este es el procedimiento que se emplea casi exclusivamente.

Resultados prácticos de la pupinización.

PRINCIPALES EXPERIENCIAS.—Han sido muchas las experiencias realizadas para la comprobación de la teoría de Pupin, y los resultados obtenidos se someten en un todo a los previstos por la teoría.

La Administración alemana, en colaboración con la Casa Siemen & Halske, realizó experiencias de gran valor científico. Los primeros ensayos efectuados sobre las líneas aéreas Berlín-Magdeburgo y Berlín-Francfort-sur-le-Mein fueron ya bien concluyentes; y quedan resumidas con la siguiente exposición de los valores del coeficiente de amortiguamiento:

Líneas de Berlín-Francfort-sur-le-Mein:

					α
Bronce alta conductibilidad	5	mm. ϕ, no pupinizada		....	176.10^{-5}
— — —	4		—	....	262.10^{-5}
— — —	2,5		—	....	591.10^{-5}
— — —	2,5		pupinizada	....	193.10^{-5}

Con la línea de 2,5 mm. cargada con bobinas Pupin cada Km. obtúvose mejor comunicación telefónica que con líneas de 4 mm. sin pupinizar, y las cualidades de la conservación obtenida con la línea ordinaria de 5 mm. eran solamente un poco más elevadas que las del circuito cargado.

Se dedujo también de las experiencias, y de acuerdo con lo indicado por la teoría, que el empleo del sistema Pupin en la construcción de los circuitos telefónicos aéreos permite economizar gran cantidad de cobre; es decir, el peso del alambre necesario redúcese a 1/4 del que se precisaría en el caso de un circuito ordinario, o, lo que es lo mismo, para una misma cantidad de cobre pueden realizarse comunicaciones cuatro veces más largas. La aplicación de estos principos a los cables produce análogos resultados.

Economía de la pupinización.—Acabamos de poner de manifiesto una ventaja insuperable de las líneas telefónicas pupinizadas sobre los circuitos ordinarios, y es útil tomar algún ejemplo.

Suponiendo un circuito telefónico de 800 Km. de longitud (próximamente la distancia Madrid-Coruña) de cobre de 4 mm., a fin de obtener una comunicación telefónica que, sin ser inmejorable, sea aceptable para el tráfico que supone una explotación comercial: el alambre de la línea pesa más de 192 toneladas, cuyo valor asciende a 400.000 pesetas, considerando los precios normales de 1912; con esa cantidad de cobre, y pupinizando los conductores, podrían establecerse dos comunicaciones telefónicas Coruña-Cádiz, por ejemplo. El circuito Madrid-Coruña primeramente supuesto no precisaría más que 48 toneladas de alambre, con un valor de 100.000 pesetas, empleando el sistema Pupin.

PROGRESOS DE LA TELEFONÍA.—Estos perfeccionamientos de la técnica han provocado la realización de largos circuitos, y, principalmente en estos últimos años, se ha conseguido un enorme progreso telefónico, como se deduce del examen de la siguiente tabla, en la que figuran las longitudes progresivamente alcanzadas para la conservación:

AÑOS	LÍNEAS	Alcance. — Kilómetros.
1876	Boston-Cambridge	3
1882	— -Providence	72
1884	— -New York	376
1892	Chicago-New York	1.440
1913	New York-Salt Lake City	4.160
1915	— -San Francisco	5.440
1916	Montreal-Vancouver	6.763
1917	San Francisco-Jekyl Island (Florida)	6.900

Debe advertirse que, en algunas de estas líneas a gran distancia, se utiliza, además de la pupinización, el traslator telefónico para aumentar la distancia de la intercomunicación.

Dedúcese de la tabla anterior la posibilidad de establecer líneas largas en condiciones económicas favorables para las grandes distancias.

Aplicación de la nueva técnica a la Red española.

LA PUPINIZACIÓN HACE COMERCIALMENTE POSIBLE LA TELEFONÍA A LARGA DISTANCIA.—En España, desgraciadamente, la Telefonía actual se verifica de un modo bien incompleto y poniendo en práctica los medios ordinarios de rendimiento bien escaso; en 1892, se estableció en los Estados Unidos de América del Norte el circuito Chicago-New-York, de cerca de 1.500 Km. de longitud; en España, a los veintisiete años más tarde, no ha podido establecerse la comunicación Coruña-Barcelona u otra semejante, aún de menos longitud que aquella abierta en 1892 al servicio público en los Estados Unidos de América. La conversación directa entre las poblaciones más distantes de España es, pues, posible desde hace cerca de treinta años; y si bien es cierto que una Compañía explotadora no puede acometer un plan completo de la Telefonía nacional, es, sin embargo, un abandono grave que repercute en la actividad comercial del País la despreocupación del Estado ante una necesidad tan hondamente sentida.

BASES GENERALES PARA EL PLAN TELEFÓNICO DE ESPAÑA.—Las líneas a establecer para realizar el plan telefónico de España con sus líneas-bases a gran distancia, serán aquellas líneas indispensables para realizar el tráfico interior; y cualquier plan que se indicase sería bueno mientras se ajustase a los trazados de las líneas generales telegráficas actuales.

La Dirección general de Correos y Telégrafos tiene formado un completo estudio de Telefonía nacional, en el que he tenido el honor de aportar algún trabajo; y adaptándolo a la Telefonía a larga distancia, constituiría un plan inmejorable para su realización. Como dispositivos complementarios de la pupinización, habría que establecer los *relais de intercomunicación,* cuyos resultados han sido del todo satisfactorios. Así se emplean estos dispositivos en la línea New-York-San Francisco, que enlaza las costas del Atlántico y del Pacífico, línea de 5.500 Km. de longitud.

TELEFONÍA A BALEARES Y COSTAS DE AFRICA.—TELEFONÍA INTERNACIONAL.—Para completar la Red española, habría que acometer además el tendido de cables telefónicos a Baleares y posesiones africanas; enlazando estos cables a líneas aéreas covenientemente establecidas, podría hablarse directamente desde dichos puntos con Madrid.

El enlace telefónico Madrid-Lisboa es una necesidad que se siente imperiosamente, y es además obligación de España facilitar el enlace telefónico París-Lisboa.

ORGANIZACIÓN.—En cuanto a organización, tendríamos que repetir lo expuesto por la Dirección de Telégrafos en el Proyecto de Telefonía nacional. Es preciso unificar la explotación telefónica y telegráfica, para verificar la unidad de tarifas y servicios, a la vez que dedicar los circuitos al servicio que les es propio; habría que suprimir el telefonema y dedicar las líneas telefónicas exclusivamente al servicio de conferencias, como ocurre en todos los países del Mundo donde una perfección admirable preside en esta clase de servicios, sin olvidar que las comunicaciones eléctricas de telecomunicación carecen del carácter de negocios, y que debe ser considerado como un servicio público en manos del Estado."

El Sr. BASTOS (D. Francisco) desarrolla el tema por él presentado a la Sección acerca de la "Sección internacional de Industrias eléctricas de la Exposición de Barcelona", cuya dirección le ha sido conferida, y para cuya labor solicita el concurso de toda la Ingeniería española en una conclusión, que también es aprobada por unanimidad.

La Memoria del Sr. Bastos es la siguiente:

"LA SECCION INTERNACIONAL DE INDUSTRIAS ELECTRICAS DE LA EXPOSICION DE BARCELONA

Por D. Francisco Bastos, *Comandante de Ingenieros.*

PREÁMBULO

Señores Congresistas:

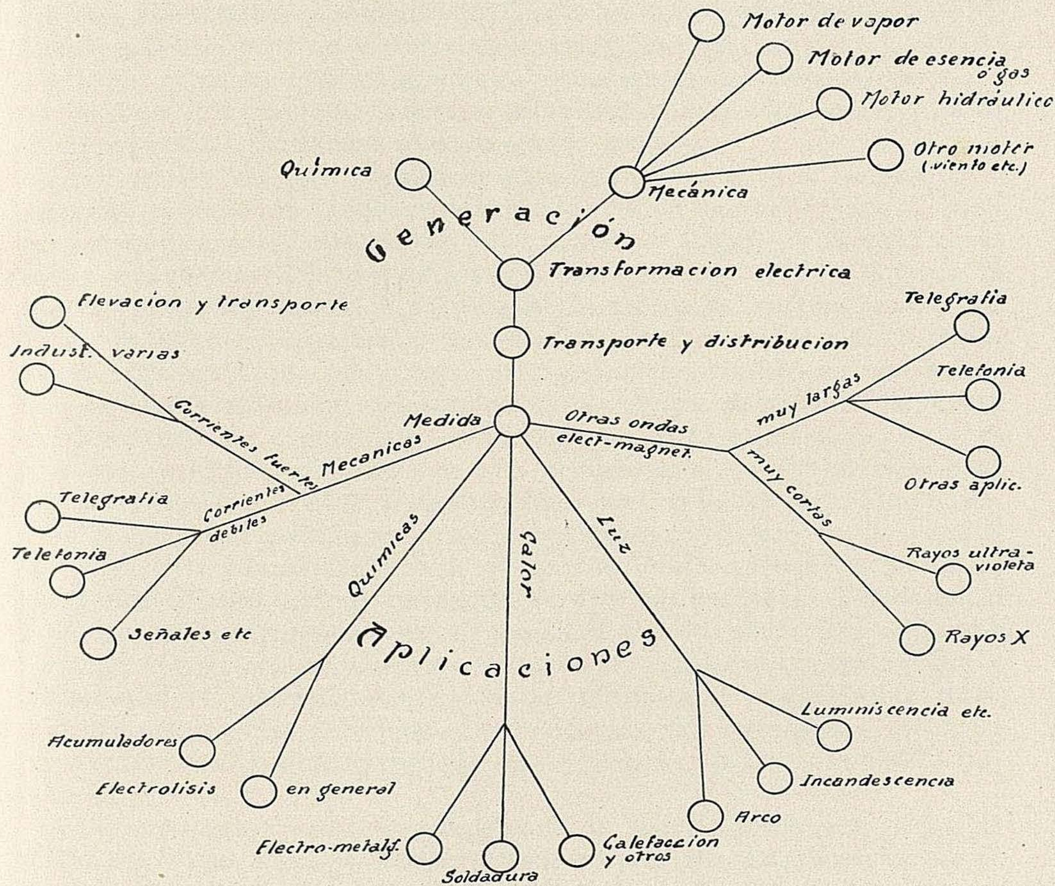
Habiendo sido encargado recientemente de redactar un anteproyecto para la Sección Internacional de Industrias Eléctricas de la Exposición que se celebrará en Barcelona, probablemente el año 1923, presento al Congreso Nacional de Ingeniería estas sencillas notas como antecedentes del asunto que tengo que desarrollar, con el fin principal de que sirvan de invitación a todos los profesionales de España, para que me acompañen, manifestando sus opiniones e ideas, ya que el éxito pertenecerá a la Nación, y por ello debemos colaborar todos a tan grandioso certamen.

Barcelona prepara, con su Exposición, una espléndida manifestación de la Industria y de la vida de España. Sus dos secciones—la nacional, de todos los productos, y la internacional, de Electricidad—van a estar emplazadas en un lugar espléndido, cubierto de árboles y de flores, exuberante de arte y de hermosas perspectivas naturales. Este lugar es la montaña de Montjuich, que se levanta aislada al borde del Mediterráneo, dominando, además del animado puerto, el ancho valle del bajo Llobregat y la hermosa población de Barcelona, que se desarrolla ampliamente a sus pies. La célebre montaña está convirtiéndose ya, merced a la mano de excelentes artistas, en magnífico parque, con el atractivo de sus pendientes y cortes naturales, que forman abrigos caprichosos y rincones familiares, y que obligarán a dar a la distribución de edificios del certamen un sello especial, contrapuesto a las alineaciones rectas, propias de los terrenos llanos, elegidos de ordinario con preferencia para la instalación de Exposiciones.

Conveniencia y oportunidad de esta Exposición.

Ante todo, expondremos una razón que pudiera interpretarse a primera vista como una digresión del tema: *España es poco conocida en el Extranjero*. Y aun pudiéramos decir más propiamente: *España es interpretada* torcidamente fuera de nuestras fronteras: se cree que somos un país pobre en recursos, desprovisto casi de centros industria-

Arbol sinóptico de la Electricidad



les y, por tanto, poco apetitoso para el comercio extranjero. Por esto, si no preparáramos debidamente el concurso a la Exposición Internacional, es muy probable que ésta resultase un fracaso; en cambio, si se organiza bien, servirá de excelente medio para inclinar en nuestro favor el torrente de la vida cultural de los otros pueblos y para encauzar en seguros diques el curso del turismo extranjero, a través de nuestro pintoresco país, repleto de curiosidades históricas y típico en sus costumbres ciudadanas y campesinas. Cierto es que mucho ignora nuestro pueblo sobre la vida en las otras naciones; pero aún más nos desconocen éstas; y, en muchos casos, lo que es lastimoso, se estima como tiempo perdido el estudio de nuestras utilísimas necesidades sociales. Esta razón expuesta podríamos titularla *razón política.*

Por medio de esta Exposición, podremos hacer una presentación mundial de nuestras industrias eléctricas. Hasta que sobrevino la guerra europea, éramos clientes del Extranjero en todas sus ramas; véanse las estadísticas del año 1914 y del año corriente, y se observará la enorme diferencia que el desarrollo de la industria nacional acusa. La industria eléctrica española puede decirse que ha nacido por el aislamiento forzoso a que nos hemos visto sometidos, cuando ya nos habíamos creado la necesidad del empleo de la energía eléctrica. Y si, como se ha escrito, con argumentos comprobados por la experiencia, las *Exposiciones no favorecen más que a las naciones nuevas y a las industrias nuevas, podremos* confiar esperanzados en el éxito. Los productos de nuestra Industria podrán ser, en muchos casos, inferiores a los extranjeros; pero la comparación será siempre saludable, porque estimula al perfeccionamiento ante el temor de perder los mercados. Y aun en el caso de que momentáneamente se perdiera alguno, preferible es juzgar a cartas vistas, que seguramente ganaremos en definitiva, por haberse ensanchado el mercado nacional y por alcanzarse posiblemente otros para los que nos encontremos en condiciones más ventajosas. Al cumplir estos variados objetivos, habremos realizado un *fin industrial y comercial.*

Por otro lado, en la Exposición de Industrias eléctricas, podrá el público profano alcanzar ideas culturales definidas. La presentación se procurará sea sencilla, apareciendo claramente la transformación sucesiva recibida por los productos manufacturados, con la explicación de las máquinas que intervienen, paso a paso, en su fabricación. Múltiples fotografías ilustrarán la parte operativa, e incluso con cintas cinematográficas, se completará la enseñanza del visitante. Estas notas teóricas y gráficas abarcarán cuantos puntos puedan interesar, tanto al obrero o al pequeño industrial que acuda a ilustrarse—referencia de precios, dimensiones, jornales que exigen, etcétera, calculados lo más aproximada-

mente posible—, como al gran constructor o profesor, que tendrá ocasión de examinar la producción de modelos modernos y posiblemente su funcionamiento, no siendo de dudar que encontrará siempre elementos y datos que llamen su atención. Así, la Exposición cumplirá *su fin educativo.*

Este propósito cultural, creemos que deberá extenderse a enseñar, lo mismo a los de casa que a los de fuera, nuestra riqueza en industrias eléctricas. Por un medio, cuya realización no he estudiado en detalle, opino debe ponerse al alcance del visitante, de un modo gráfico y tangible a todas las capacidades, la estadística de esta riqueza, en forma que, atrayéndole con halagos y excitando su curiosidad, conozca la importancia y distribución de estas industrias sobre el territorio de la Península. Así podrá aprender cuál es la energía hidráulica de nuestros saltos, transformable en eléctrica para su transporte a comarcas situadas a más de 100 y aun de 200 Km., y comprobará que, si aquella se desaprovecha en ocasiones, es porque la excesiva longitud del transporte, comparada con su cuantía, la pone en inferioridad allí donde podría utilizarse. Igualmente verá en este mapa los muchos pueblos que carecen aún de electricidad para su alumbrado, sus molinos y otros fines industriales; estudiará cuál es la importancia de nuestros tranvías y ferrocarriles eléctricos, de nuestras líneas telegráficas y telefónicas, etcétera, etc.

Distribución de productos.

De continuo, en las Exposiciones internacionales, los productos han formado secciones por países. Un Comisario nombrado oficialmente por cada Gobierno ha sido encargado de representar a sus compatriotas y de velar por sus intereses, tratando ante el Comité Ejecutivo de la Exposición todas las cuestiones relativas al reparto del espacio reservado a sus países respectivos y al modo de instalación de cada Sección nacional.

En la pasada Exposición de San Francisco, celebrada el año 1915 durante la guerra europea, se intentó presentar los productos agrupados por su naturaleza—no por su pueblo de origen—, y así se realizó en parte; pero muchas naciones, y los mismos países de la Unión, construyeron sus pabellones o palacios, resultando, finalmente, un sistema mixto, seguramente inferior al de secciones nacionales.

El sistema de clasificación de los productos por su naturaleza parece el más lógico; pues como toda Exposición es la manifestación de una lucha comercial, ésta, para ser fecunda, debe aprovechar todos los resortes, principalmente el de la emulación.

Claro está que este segundo sistema no es nuevo; pues es el más sencillo, el que se ocurre primeramente. La dificultad ha estado siempre en su realización. No es tan fácil como pudiera creerse alcanzar de las naciones fuertes la adhesión a estos certámenes; y una vez conseguida su participación, no es sin condiciones que suelen trastornar el plan preparado.

Siguiendo este sistema racional, al lado del producto elaborado se presentará la máquina y la materia prima, con todas las fases de su fabricación en la forma dicha. Ya en el siglo pasado, el príncipe Jerónimo Napoleón pensaba que el palacio de una Exposición debería estar dispuesto de manera que transversalmente mostrase los objetos agrupados por nacionalidades y longitudinalmente por su naturaleza, pasando sucesivamente de las primeras materias a los medios de producción y a los productos y sus derivados.

Así, aquí, en el caso especial de una Exposición de Industrias Eléctricas, opinamos que, no sólo debe procurarse por todos los medios el cumplimiento del plan que el Comité de Exhibiciones adopte—basado desde luego en este segundo método científico—, sino que creemos que cuanto esfuerzo se ponga en hacer una verdadera clasificación de las aplicaciones eléctricas, será de gran utilidad; y confiamos en que los señores Congresistas podrán ayudarnos en ello. No nos referimos, por ahora, al detalle de las subdivisiones o grupos que pueda comprender cada sección, sino principalmente a estas mismas. Es fundamental que la clasificación habrá de obedecer a un examen global de la creación y utilización de la energía eléctrica; y que lo mismo que, al estudiar la vida de un hombre o de un pueblo, vamos siguiendo las fases de su vida desde el nacimiento, investigando las razones que motivaron sus actos, y en un orden cronológico, le acompañamos hasta su desaparición o absorción por otra colectividad, así creemos que, al presentarse el visitante en la Exposicién, debe encontrarse en un orden análogo las máquinas y productos eléctricos, dispuestos en grupos o secciones según la transformación de energía que realicen, y subdivididos por el fin alcanzado, o por alguna característica especial que los defina debidamente. A continuación presentamos un cuadro sinóptico de la Electricidad, en que hemos tratado de responder a esta idea.

Fijación de la amplitud de una Exposición.

Una vez hecha la distribución de la maquinaria y los productos, por su naturaleza y aplicaciones, quedará determinado el esquema o disposición relativa y sucesiva de sus secciones, y entonces se presenta el

difícil problema de prefijar la amplitud que cada una de estas secciones ha de recibir.

Dos puntos de vista se pueden establecer: el de los deseos de la Junta técnica organizadora, es decir el que fijaría una amplitud adecuada a la importancia y novedad que revista la sección, o bien el punto de vista impuesto por la concurrencia de Casas competidoras que se presenten con productos similares. El primer objetivo pudiéramos llamarlo artístico o racional; el segundo es el comercial y, en gran parte, económico.

En el caso de probable contraposición de estos puntos de vista, esperamos que el Comité de Exhibiciones o, más bien, el de Concesiones y Admisiones, pueda y deba limitar los espacios disponibles por expositor, o recargar las tarifas equitativamente, según la concurrencia probable en la sección.

El cálculo de esta concurrencia probable es el tema más expuesto a error. Múltiples factores entran en él. Ante todo, se precisa poseer una estadística, llevada al día, de las Casas constructoras, clasificada según las secciones establecidas en el programa, con indicación de nacionalidad, índole de exportación, importancia productiva y, en general, cuantos datos puedan ser de utilidad por su influencia. Con esta estadística a la vista, el conocimiento de las tarifas aduaneras y la orientación del mercado español, podrá hacerse ya el tanteo aproximado para fijar las dimensiones de los pabellones de la sección.

Esto no obstante, como antes hemos dicho, las gestiones de propaganda, las relaciones políticocomerciales, la cuestión obrera, etcétera, pueden alterar notablemente los resultados previstos. El proyecto debe tener, por tanto, una elasticidad que, sin alterar el orden sucesivo que una distribución esmerada de los pabellones exige, puedan éstos variar su capacidad en proporciones de 1 a 2, y, en algunos casos, hasta de 1 a 4. Así no se dará el caso reciente de la Exposición de Panamá, en que se construyeron enormes edificios que, no pudiendo llenarse por falta de expositores, se convirtieron en verdaderos bazares de venta, con perjuicio del fin educativo y del prestigio del certamen. Aunque todavía no poseemos la estadística completa de la Industria extranjera, e imposibles son de prever las variaciones de los demás factores citados, desde hoy hasta la fecha en que la Exposición se verifique, hemos fijado una amplitud aproximada a las secciones, según aparece en el plano adjunto.

Amenidad.

Sería absurdo celebrar una Exposición organizada desde un punto de vista puramente técnico. Su fracaso sería seguro. A las gentes que acuden de lejanos lugares, ha de ofrecérseles algo más que una Exposición-muestrario o una oficina de ventas. No sólo los aparatos han de estar en condiciones de funcionar, para satisfacer la curiosidad del visitante: habrá que rodear a éste de diversiones y alegría. Aun considerado un visitante modelo, un obrero o técnico que acuda a estudiar la industria eléctrica extranjera o nacional, no podrá, si su labor ha de ser útil, consagrar más de unas pocas horas a la Exposición en sí. El público, en general, busca los atractivos, y como el éxito inmediato, no despreciable, depende de los ingresos, la buena organización debe encaminarse a que los recreos sean, en lo posible, cultos e instructivos, sin caer en la feria vulgar a base de saltimbanquis, animales amaestrados y cabarets, centros todos de vicio. En cada sección, hemos de procurar, dentro de su naturaleza especial, buscar uno o más dispositivos que, por su rareza, grandiosidad o gracia, atraigan la atención de los menos aficionados.

Valores complementarios.

Si una Exposición internacional ha de llenar debidamente los fines anteriormente expuestos, la presentación de productos debe complementarse con los documentos aclaratorios que faciliten al visitante cuanto su curiosidad pueda demandar. La Exposición, para ser completa, debe comprender simultaneados los productos con las ideas; y así como para los primeros hemos propuesto una distribución y amplitud apropiada, análogamente ha de procurarse que las segundas tengan el debido desarrollo y se traten con la detención que no suele dedicárseles en los múltiples Congresos que se celebran de ordinario en las Exposiciones.

Finalmente, para alcanzar un fin utilitario al País, el Gobierno debe disponer de agentes comerciales en las naciones extranjeras que sepan encanzar en beneficio de nuestra Industria las corrientes producidas por la Exposición.

No terminaremos sin encarecer una vez más a los Ingenieros españoles su concurso para esta obra nacional. Cuanto en ideas como en realidades nos aporten, recibirá excelente acogida, y no escatimaremos los beneficios que pudiéramos causarles."

Después, la Sección escucha la conferencia anunciada por el señor ESPINOSA DE LOS MONTEROS, como complemento y ampliación

a su tema de "Radiogoniometría, en la cual vulgariza, con aplauso de la concurrencia, los conocimientos de Telegrafía inalámbrica.

La PRESIDENCIA da las gracias al Sr. Espinosa, manifestando, en nombre de los Congresistas, el agrado con que había sido escuchado.

Siendo avanzada la hora, y no estando presente el Sr. Mestres Borrell, cuyo era un trabajo de los que figuraba en el orden del día, y que restaba por discutir, fueron leídas por el Sr. SECRETARIO las conclusiones de aquél, quedando pendientes para el día siguiente su discusión y votación.

Acto seguido, se levantó la sesión. Eran las doce y cuarenta y cinco de la mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 20 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las once y cuarenta y cinco.

Se concede la palabra al Sr. PEREZ DEL PULGAR (D. José Agustín), que explica el tema acerca del siguiente trabajo, y cuyas conclusiones fueron aprobadas:

"EL PROBLEMA DE LA CONSTRUCCION, EN EL ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA ELECTROMECANICA

Por D. José Agustín Pérez del Pulgar, S. J.

Es un hecho palpable el aumento relativamente grande que ha tenido en España durante los últimos años el empleo de maquinaria electromecánica de todas clases. Por eso mismo, es tanto más de admirar la desproporción inmensa que ha tenido relativamente la construcción y producción de esa misma maquinaria en nuestro país durante este lapso de tiempo. Mientras que una estadística completa de los saltos de agua y fábricas de todo género, con una utilización más o menos abundante de material electromecánico, no es fácil de hacer en el momento actual, la de las fábricas constructoras de material electromecánico que merezcan el nombre de tales, podría retenerse fácilmente en la memoria, y aun, estoy por decir, extenderse en algunas cuartillas de papel. Existen, sí, multitud de pequeños talleres, más bien de reparaciones que de verdadera construcción intensiva, que se arriesgan de tiempo en tiempo a lanzar alguna máquina de construcción propia, pero en condiciones enteramente desventajosas para competir en el mercado con la producción extranjera.

Siendo, pues, hoy día, de la intensificación de la producción económica, en especial en el ramo electromecánico, una condición esencial de la independencia de la industria nacional, esclavizada en otro caso al arbitrio y riqueza extranjera, es posible interesen y aprovechen a los señores Congresistas algunas consecuencias del estudio especial hecho por mí, durante estos diez últimos años, sobre las condiciones técnicas

a que ha de satisfacer la construcción de la maquinaria electromecánica para ser viable.

En una notable conferencia dada en el "Institut of Civil Engineers", de Inglaterra, Sir John Wolfe Barry (2 de mayo de 1917) resume en pocas palabras el estado actual del problema de la construcción: "Hemos tenido ocasión—dice—de aprender las profundas lecciones que nos ha dado el tiempo de la guerra, por lo que toca a la necesidad de obtener un máximo de producción, demostrándonos las ventajas de la adopción de tipos fijos de cada producto que luego sean reproducidos en cantidad. Esto proporciona una reducción al mínimum posible del trabajo y esfuerzo necesario para la construcción, así como para proyectar y para vigilar y revisar los productos construídos."

He aquí la carcterística de la construcción moderna, sin la cual la concurrencia se hace insostenible. Como resultado de la visita atenta a algunas fábricas de esta clase en España y en el Extranjero, puedo resumir el secreto del constructor moderno en los siguientes términos: La construcción de la maquinaria eléctrica comprende las siguientes fases:

1.° Análisis de los materiales que han de emplearse.—Es enteramente inocente y risible la confección de un anteproyecto a base de los coeficientes suministrados por las tablas de un manual. La mayor parte de las constantes del material electromagnético, como el número de amperespiras para obtener una inducción dada, las pérdidas en watts por kilogramo de hierro, la misma conductibilidad de los conductores de cobre, la rigidez electrostática y la resistencia óhmmica de los aislamientos, etcétera, oscilan, en los productos suministrados por el comercio con nombres idénticos, ordinariamente entre valores que difieren en un 50 por 100, con frecuencia en un 100 por 100 y, no pocas veces, hasta un 200 por 100, sobre todo en épocas, como la actual, de crisis en la producción de los materiales y de substitutivos más o menos conscientes. Prescindiendo de experiencias personales, podríamos citar testimonios irrecusables. Me limitaré a uno o dos, en interés de los industriales que recorran estos renglones.

En plena guerra (marzo 1915), M. Berlemont, Presidente del Sindicato de Cristalería francés, se atrevió a decir a sus oyentes: "La unión íntima del laboratorio y de la fábrica es una condición esencial del progreso, demasiadamente descuidada en Francia. El éxito de ciertos aparatos alemanes era debido muy frecuentemente a que ellos habían sido construidos en excelentes condiciones bajo la dirección de profesores de Universidades bien conocidos, como Ostwald, Gaede, Shoot. Una de las grandes ventajas de la colaboración científica entre el sabio y el industrial es reducir a un mínimum los tanteos y las pérdidas de

tiempo que tienen lugar cuando se trata de construir por primera vez una máquina, o de perfeccionar una ya construida."

La Sociedad Brown Boveri, de Suiza, cuyo desarrollo económico y técnico es bien conocido, en unas de sus Memorias técnicas (marzo 1917), destinada a describir sus laboratorios para ensayos de material, dice: "Las exigencias crecientes de la construcción nos han hecho sentir la necesidad de basar sobre medidas exactas el desarrollo racional de nuestros métodos de construcción. La experiencia ha probado desde hace ya mucho tiempo que solamente el contacto constante de la investigación científica con las aplicaciones prácticas puede garantizar a las empresas industriales contra una rutina perniciosa y un empirismo estrecho y, sobre todo, costoso en sus consecuencias imprevistas. Pero, aparte de estos principios generales, una necesidad urgente impone la obligación de analizar, comprobar y conocer bien lo que se compra (la materia prima o elaborada para fines especiales), y en segundo lugar, de conocer bien lo que se vende: la maquinaria terminada." Y, efectivamente, la Sociedad B. B. C. dispone de laboratorios de investigación, cuya precisión y lujo, teórico al parecer, harían sonreir quizá, al verlos en una fábrica, a algunos de nuestros entusiastas de la llamada *Ingeniería práctica*.

2.° ANTEPROYECTO DE MERA ORIENTACIÓN, FUNDADO EN LOS PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO DE QUE SE DISPONGA.—Es preciso advertir que los métodos de cálculo publicados en las obras técnicas y aun en los artículos de revistas, suelen ser los que ya no están en uso en los talleres de construcción efectiva. Es evidente que cuando un procedimiento de cálculo se publica, es, ordinariamente, cuando ya no es objeto de explotación. En el violento pugilato de la competencia industrial moderna, sería necesario un altruismo rayano en la candidez para publicar métodos que permitan obtener ventajas económicas o técnicas en la construcción. Una industria constructora que comienza debe, pues, hacerse cuenta que si, para esa lucha, no cuenta sino con las armas que le suministran los métodos de cálculo ya clásicos o, al menos, publicados por sus autores, descuelga viejos arneses y armas embotadas de las vitrinas de un museo. Estos métodos sólo pueden adoptarse provisionalmente, y con el intento de substituirlos inmediatamente que sea posible por otros equivalentes a los que indudablemente empleen en la actualidad las Empresas con quienes pretenden competir.

3.° CONSTRUCCIÓN PROVISIONAL DE LA MÁQUINA PROYECTADA COMO EJEMPLAR DE ENSAYOS.—Esta construcción no debe hacerse con herramentaje especialmente destinado a la construcción del tipo de máquina que se estudia, sino por maquinaria universal y *como se pueda*. No valdría, en efecto, la pena, para construir una dínamo de ensayo, fabricar

troqueles para cortar la chapa del inducido, puesto que estos troqueles podrán resultar por sí solos más caros que la máquina entera, comprada en el comercio corriente.

4.º Ensayo del ejemplar construido.—Este ensayo completo, cuidadoso y con variaciones de los elementos principales que pudieran dañar al buen funcionamiento o ser objeto de ulteriores perfeccionamientos, es el punto capital que decide de la bondad técnica de un tipo de máquina. Mediante él, es posible medir, sobre todo, los llamados factores de forma que en el anteproyecto fué preciso evaluar al poco más o menos y tratar de obtener, mediante modificaciones inteligentes, toda la utilidad y extensión de aplicaciones de la máquina que se trata de ofrecer al Comercio. De este ensayo puede resultar, y resulta siempre en la práctica, la necesidad de modificar piezas o elementos de una máquina; lo cual vuelve a hacerse de una manera provisional. Una vez puesto el constructor en posesión de una máquina que cumple con las condiciones técnicas requeridas ordinariamente en el Comercio a sus similares, se fijan los planos definitivos, y se pasa a la última fase, que es la verdaderamente industrial.

5.º Construcción industrial.—El industrial debe fijar el precio que en el mercado debe asignarse a aquella máquina para que tenga salida probable y, por consiguiente, el coste total admisible y el que debe asignarse a cada pieza. Descontando el precio corriente del material, con un tanto por ciento de aumento, para contar con las oscilaciones probables, que es preciso estudiar en los gráficos suministrados por las estadísticas, resta un precio de la mano de obra por pieza. Dividiendo por el sueldo del obrero que puede emplearse en su construcción, se obtendrá el número de piezas diarias que es preciso construir para que la fabricación resulte posible. Viene ahora el problema de adquirir, o, eventualmente construir, la máquina que produzca este efecto. Esta máquina puede adquirirse en el Comercio, calculando su amortización en un cierto número prudencial de años, o, si se trata de construirla, habrá que volver a someterla al ciclo de operaciones anteriormente descripto. En estas condiciones, puede emprenderse la reproducción intensiva del tipo de máquina estudiado, mediante un instrumental acomodado a él, y sin permitirse, ni en el material empleado, ni en su elaboración, la más pequeña modificación del modelo; lo que explica el sobreprecio que obligan a pagar las fábricas por toda modificación o aparató no incluído en los tipos del catálogo, por insignificante que parezca. Por último, el laboratorio debe contar con medios de ensayar las máquinas construídas para comprobar si han sido hechas con arreglo al tipo prefijado. No sé si a los capitalistas les parecerá que este proceso exige desembolsos previos excesivos. Sólo sé que éstas son de

hecho las bases sobre que se funda la construcción moderna, y, por consiguiente, sobre ellas ha de fundarse toda construcción que pretenda competir con ellas, so pena de no existir. Sé que se objetará que este procedimiento de construcción intensiva supone una especie de independencia entre la salida comercial de los productos y su producción misma. Efectivamente: así es; y esa es la característica de la construcción intensiva en series, por lo menos, en toda aquella maquinaria en que, como sucede a la eléctrica, el coste de la mano de obra es relativamente grande en comparación con el material. Creo que estas objeciones tienen su peso, y sólo me atreveré a copiar frases de un economista francés, a propósito de este mismo asunto, y que pudiera quizá tener alguna aplicación en nuestro país: "Un número demasiado grande de industriales parece limitar sus horizontes a la imposición de nuevos derechos de aduana; a la supresión de impuestos o la limitación de la jornada obrera; a la obligación que tiene la Banca de sostener la Industria francesa; reivindicaciones todas que no exigen de parte de ellos esfuerzo alguno." Lo que es indudable es que si nuestros constructores, para poner un taller de construcción electromecánica, comienzan por hacerse un catálogo de maquinaria, susceptible de las más variadas aplicaciones (y, por consiguiente, lo más inútil para una producción intensiva), instalar un cierto número de tornos, unos más grandes y otros pequeñitos (para las piezas más pequeñas, naturalmente), y un número proporcional (?) de taladradoras, etcétera, y después se echa a buscar por el Comercio pedidos, hoy de un motor, mañana de un amperímetro, etcétera, no podrá contar nuestra Patria jamás con una construcción independiente del Extranjero y capaz de suministrarnos la maquinaria necesaria.

La construcción bajo pedido y a raíz del anteproyecto, *A*) hace imposible la adquisición del material en cantidades considerables y en identidad de condiciones, sin lo cual no se puede prever el éxito de la construcción; *B*) obliga al calculador a adoptar coeficientes y dimensiones excesivas para no quedarse corto, imposibilitando la aquilatación del material; *C*) hace incierto el éxito técnico de la máquina fabricada y cierto el tanto por ciento de fracasos que desprestigian y obligan a reparaciones costosas; *D*) exige una mano de obra de una instrucción imposible de encontrar; pues la experiencia demuestra que el obrero sólo ejecuta con perfección las piezas que hace sin tener apenas que discurrir y por verdadero hábito; *E*), y por último, multiplica el número de operarios y el tiempo que cada uno emplea en una pieza. ¿Cómo ha de poder competir uno de los talleres universales, antes descriptos, con una fábrica, verbigracia, como la antigua Aliot, de Munchestein, cerca de Bale, en donde un obrero cuida descansadamente de seis tornos au-

tomáticos, cada uno de los cuales hace, sucesivamente, sin centrajes laboriosos ni cambios de herramienta, todos los trabajos de una carcasa? Según datos obtenidos por mí, en esta fábrica se construye un motor diario de uno a cincuenta caballos por cada diez obreros, aproximadamente. Al entrar en esta clase de talleres, se recibe la impresión extraña de que todos aquellos centenares de tornos están andando solos, sin personal obrero, que sólo se descubre después de un rato de observación.

Bien sé yo que la pequeña industria, como, según esto, tiene que serlo toda industria incipiente (a no ser filial de otra ya provista de tipos y de personal), no puede, en general, disponer de un laboratorio propio. Pero esta dificultad se vence en parte por el uso de los laboratorios del Estado. No hace mucho oí lamentarse a un dignísimo y competente director de un laboratorio público de no haber recibido en todo un mes un solo encargo retribuido y gratuito para el público. Además, en otros países existen laboratorios sindicales, trabajando por cuenta de los sindicatos. Algunos de éstos, como el laboratorio del Sindicato de Fabricantes Alemanes de Cementos Portland, la Estación experimental del Comité de Hulleros francés, el de "Gross Lichterfeld" y otros, tienen presupuestos de varios centenares de miles de francos. Algunos, como el "National Physical Laboratory" inglés, ponen a sus ensayos un 30 por 100 de sobreprecio, destinando su producto a investigaciones, por iniciativa del laboratorio.

No se me oculta que la entrada por este camino de la Industria española presupone, sobre todo, una evolución en las ideas y en la instrucción e ilustración técnica, no tanto de personal ejecutor, cuanto del capitalista.

Por el momento, y aun confesando la insuficiencia de estas líneas para tratar cuestión tan importante como la apuntada, terminaré con unas palabras del mismo Chantelier, que deberíamos aplicarnos actualmente en España: "Los industriales deben tomar bajo sus órdenes, y pagar como empleados Ingenieros, químicos, etcétera, capaces de hacer una obra científica. Deben esforzarse por obtener el apoyo de la Ciencia por el funcionamiento de sus laboratorios. Toda fábrica alemana, por pequeña que sea, tiene un laboratorio para seguir su fabricación y verificar la calidad de sus productos. Este sistema ha hecho sus pruebas al otro lado del Rhin, y puede ser empleado útilmente por nosotros... Si nuestros industriales quieren luchar con la competencia alemana, es preciso que se decidan a emplear sus métodos de trabajo."

CONCLUSIONES

El Congreso exhorta a los capitalistas a pensar:

1.º En el hecho, cada vez más unánimemente aceptado en todas las naciones, de que el capital invertido en dotar a las fábricas, tanto de laboratorios verdaderamente científicos para investigación y ensayos, como de personal que en ellos trabaje, lejos de ser perdidos, es la base necesaria para que la construcción sea remuneradora.

2.º Si ha llegado la hora de que una parte del capital empleado hasta aquí en adquirir maquinaria extranjera, para producir y utilizar la energía eléctrica, que tan útil ha sido al País, se emplee en construir esa misma maquinaria, por los procedimientos indicados, como lo exige la independencia industrial de la Nación."

No estando presentes, al ser llamados, los señores D. Mario Martínez y D. Félix Apraiz, dió lectura el Sr. REBERTES LLOPART (don Andrés) a su trabajo, referente al empleo de los hornos eléctricos, cuyo extracto es como sigue:

"EXTRACTO DE LA MEMORIA SOBRE "LOS HORNOS ELECTRICOS COMO UNICA BASE DEL PORVENIR DE LAS INDUSTRIAS METALURGICAS ESPAÑOLAS"

Por D. Andrés Rebertes Llopart.

En los momentos actuales, en que las industrias metalúrgicas están destinadas a estudiar medios de construir maquinarias y útiles diversos para todas las industrias, a fin de parapetarse ante una competencia extranjera que tratara de inundar nuestra nación y hacernos imposible nuestro desarrollo industrial, es por lo que presento mi Memoria, a fin de demostrar lo muy ventajosa que es la adopción del horno eléctrico en nuestras fundiciones y talleres metalúrgicos.

No es más que una grande experiencia práctica que uno puede hablar de Electrometalurgia y llegar a obtener resultados satisfactorios.

La construcción de hornos eléctricos exige una gran práctica y gran conocimiento de ellos para modificarlos y obtener perfeccionamiento en los productos que con dichos hornos elaboramos.

El horno tipo "España" que expongo da una idea clara de que en él se resumen todas las ventajas y mejoras obtenidas en otros hornos hasta hoy desconocidas por cuantos han construido hornos:

Un rendimiento en la producción, que desde luego varía según la materia, pero que ofrece garantías sin límites.

Un coste total de la instalación más ventajoso que los hasta hoy construidos, y, por último y principal, el que puede adaptarse, con pequeñas e insignificantes variantes, a cualquiera que sea la fuerza que se disponga, trifásica, bifásica, monofásica, etcétera, y en continua o alterna indistintamente.

La necesidad de la implantación de dichos hornos, en diferentes tamaños y capacidades, lo exigen las diferentes incógnitas que hoy en día van presentándose.

La perfección de la materia e inmejorable refinamiento.

El coste de la misma, sólo contando el gasto de fundición (cubilotes, convertidores, etcétera), y la más difícil incógnita de resolver, que es el estado social de los obreros; pues con la adopción de dichos hornos, se eliminan considerablemente jornales, siendo apto para manipular el horno "España" cualquier peón de que se disponga.

Este es el resumen a que va encaminado mi trabajo, que en bien de las industrias españolas pretendo propagar e implantar, llevando ya en Cataluña cinco instalaciones hechas y siete en estudio."

Como consecuencia del trabajo que antecede, expone su autor cuatro conclusiones, que no fueron presentadas con la indicada Memoria, y de las cuales, la primera, en que pedía que se acordara crear una sección titulada de "Electrometalurgia" en el próximo Congreso de Ingeniería, fué aprobada en su fondo. La segunda conclusión, encaminada a que se recordara que dichos trabajos y proyectos fuesen sólo llevados a la práctica por Ingenieros expertos, en vista de los errores habidos en instalaciones de hornos eléctricos por prácticos o negociantes, fué objeto de algunas observaciones de la PRESIDENCIA, la cual estimaba que tal indicación no era tal vez misión del Congreso; y del señor MARTINEZ (D. Mario), a la tercera, que argumentó en contra de ella el que las grandes fábricas siderúrgicas van realizando sus instalaciones a medida de sus necesidades, y no tendría eficacia la recomendación que hubiera de dirigirse a los industriales. En cambio, el Sr. FERNANDEZ NIETO aboga en pro de la conveniencia de dar aquel consejo a los industriales, para que no se dejen sorprender de los pseudotécnicos que se dedican a montar hornos eléctricos sin ningún título que les acredite competencia, y cuyos hornos, luego, no dan resultado, dándose como pretexto el que los electrodos no reúnen condiciones, por cuyas razones cree conveniente que el Instituto de Ingenieros Civiles tuviera una lista de Ingenieros especializados en hornos eléctricos para poder asesorar a los industriales que piensen establecer industrias en que se requieran los tales hornos.

Acuérdase redactar nuevamente las conclusiones, luego de retirar su autor la cuarta, por tratarse de un ofrecimiento particular de dicho señor para dirigir gratuitamente la instalación de hornos eléctricos en fábricas del Estado y advertirle la PRESIDENCIA que dicho ofrecimiento más era para hecho directamente por él a los Poderes públicos que por conducto de la Sección del Congreso.

Cuando se leyeron nuevamente se substituyó en la primera la palabra *acordar* por la de *recomendar,* aprobándose así; y la segunda, en la forma que al Congreso se ha elevado, y desechando la tercera, que era la referente a la recomendación cerca del Gobirno para que éste, a su vez, recomendara a los industriales la adopción de hornos eléctricos para la fabricación de aceros rápidos.

Pasa el Sr. MARTINEZ (D. Mario) a hacer un resumen de palabra del siguiente trabajo:

"EXTRACTO DE LA MEMORIA SOBRE "APROVECHAMIENTO DE NUESTROS RIOS (SEGUNDA PARTE): PROBLEMAS ENLAZADOS CON EL PROBLEMA GENERAL"

Por D. Mario Martínez y Ruiz de Arana.

RESUMEN

Tensión de transporte.—Es el único problema técnico que creo merece estudiarse por el peligro que encierra el puesto preeminente que España ha ocupado siempre en este particular.

Ello me ha llevado a estudiar los fenómenos de corona, de los que he deducido una tensión de transporte económica. Por salirse fuera del margen de esta Memoria, dedicada a una ligera enumeración de problemas, con indicación de los medios que juzgo conducentes a su resolución, he creído conveniente prescindir de este trabajo; pero siendo nuevo (afirmación que hago con las restricciones correspondientes a mi pobre cultura técnica, ya que ni en revistas ni en los libros más recientes he encontrado estudiado el asunto desde este punto de vista), no me ha parecido tampoco lógico separarle del todo y le he llevado a un apéndice.

En este estudio llego a la conclusión de que no serán mucho mayores de 100.000 volts las tensiones de transporte más convenientes, y como, por otra parte, tampoco es necesario, pido que se ande con parsimonia en la elección de las tensiones de transporte; y si perdemos nuestro puesto, bien perdido sea, ya que lo hacemos a conciencia de que

así lo pide nuestra técnica, la técnica particular que defiendo desde el principio de mi Memoria.

Radio de acción de los saltos.—No creo que deba limitarse un salto a una zona fijada de antemano; pero reconozco el punto de razón de los que así opinan en las competencias ruinosas que los necios imitadores hacen en mercados saturados a los inteligentes y emprendedores. Pero no debe evitarse la noble competencia industrial que fija el precio justo para el consumidor, aunque en bien de éste y de la Industria deben evitarse las competencias ruinosas.

Dos soluciones imperfectas señalo: 1.ª Tasación de los precios máximo y mínimo de la energía con libertad para acudir al mercado.—2.ª Dentro de la misma libertad permitir a las Empresas reducciones de precio, y no elevaciones.

Habrá energía bastante.—Algunas cifras demuestran que, regulados nuestros ríos, podemos estar tranquilos en un plazo relativamente largo, sin poderse asegurar nada para un porvenir lejano.

Electrificación de ferrocarriles.—Comparados los sistemas de corriente continua y alterna monofásica, se llega a las siguientes

CONCLUSIONES

En la línea de mucho tráfico conviene la corriente continua.

En las líneas de poco tráfico en que puedan emplearse 11 ó 15.000 volts, en la línea de trabajo la ventaja es de la corriente alterna.

Y vuelve a ser de la continua para líneas de pendientes grandes, y en todos los casos en que la tensión se pueda dar indistintamente con continua o alterna.

Como el problema de la tensión se presenta en los túneles, y en éstos en forma de fenómenos de corona, no queda otro recurso que emprender una serie de experiencias en túneles, anotando cuidadosamente las pérdidas por corona y todos los datos que sobre ellas tienen influencia para decidirse por uno u otro sistema.

Alimentación de la línea.—Prefiero la alimentación de una línea que dedique la mayor parte de la energía en empresas industriales para disminuir la importancia de las puntas.

Y para economizar energía, la alimentación por transformadores o conmutatrices de acoplamiento automático.

Recuperación.—Hay casos en que está indicadísima; tal ocurre con los ferrocarriles de La Robla y Sierra Menera, cuyo tráfico descendente es muy superior al ascendente."

Las conclusiones de esta Memoria, a causa de haberse indicado por

el Sr. GIL GRAVALOS la conveniencia de detallar más la tercera, quedaron sobre la Mesa, para nueva redacción, hasta la sesión próxima.

No estando presente el Sr. Apraiz (D. Félix), el SECRETARIO da lectura a su comunicación sobre "Un nuevo sistema de tracción eléctrica".

Igualmente, y por el mismo, se lee, en vista de no estar presente su autor al ser llamado, la comunicación de D. Juan Moles Ventura, para armonizar las relaciones entre productores y consumidores de electricidad, quedando pendiente de acuerdo hasta la sesión inmediata.

Las conclusiones de este trabajo son:

"PRIMERA. Dada la importancia económica, social y política que para España tiene la industria eléctrica, deben declararse libres de todo tributo las centrales generadoras de electricidad, y sólo pagarán impuestos los utilizadores de dicha energía.

SEGUNDA. Fiscalización por el Estado de toda central generadora de electricidad que sea empleada en algún servicio público, creándose para ello el Cuerpo de Inspectores de Centrales Eléctricas, formado por Ingenieros industriales y, como ayudantes, los Peritos mecánicos-electricistas."

Quedaron pendientes las conclusiones del trabajo del Sr. Mestres Borrell, que tampoco hubo de presentarse, y que se leyeron por segunda vez, y a las cuales el Sr. LOPEZ CHECA opuso algunos reparos, por creer que eran tan amplias y abarcaban tal magnitud, que no correspondían a los asuntos propios de esta Sección y rozaba las de otras Secciones del Congreso.

El trabajo del Sr. Mestres Borrell dice lo siguiente:

"LAS INDUSTRIAS ELECTRICAS EN ESPAÑA Y SU PORVENIR

Por D. JOSÉ MESTRES BORRELL, *Ingeniero y Catedrático de Electrotecnia.*

I

Nada nuevo pretendo decir, ninguna originalidad puede tener cuanto exponga en el desarrollo de este tema: todo se ha estudiado y previsto; mas precisamente por ello, no me es dable resistir a la tentación de recopilar los brillantes estudios hechos sobre este punto y presentaros el precioso trabajo de conjunto que entre todos forman, el cual, a mi entender, encierra aquellos extremos sobre los que descansan, no

sólo el porvenir de nuestras industrias eléctricas, sino el de todas las demás, y con ellas la riqueza y el bienestar de nuestra nación.

Sintetizando la idea que me guía e impulsa a desarrollar dicho tema, diré que en tres puntos principalmente debe apoyarse nuestra regeneración industrial:

1.º Mayor aprovechamiento de nuestras fuerzas hidráulicas.

2.º Extracción de nuestros combustibles y demás minerales.

3.º Terminación de la red de ferrocarriles generales y construcción de los secundarios.

Veamos primero nuestras disponibilidades; estudiemos luego la manera de activar la explotación de las mismas, y, finalmente, digamos la utilización que cabe hacer de ellas.

II

Como decía el reputado economista D. Guillermo Graell en su artículo "La industria hidroeléctrica en España", inserto en la revista *Fomento del Trabajo Nacional* en 15 de agosto de 1914, no era nuestro país, como poseedor de fuerza hidráulica o *hulla blanca,* de los últimos del continente europeo; siendo, en cambio, menos preponderante como productor de *hulla negra;* y que, sin duda, el atraso en que se hallaba se debía a la circunstancia de no haber utilizado desde un principio su verdadera fuente de riqueza hidroeléctrica. La orografía y condiciones climatológicas de nuestra península; los centenares de altitudes variables desde 1.000 a 3.500 m., forman elevados macizos o cordilleras, en donde la nieve se deposita en gran abundancia. Además, la altura media del país, que es de 700 metros, y que alcanza en algunas regiones hasta 900 m., aumenta el grado pluviométrico de tal suerte, que le convierten en una de las naciones de mayor número de ríos caudalosos. Según las últimas estadísticas, la potencia total que podría sacarse de todos ellos es de unos seis millones de caballos. Sin embargo, las mismas nos dicen que las instalaciones hidroeléctricas españolas, en 1917, representaban:

	Caballos disponibles.	Caballos en explotación.
Grandes instalaciones	974.473	403.046
Instalaciones de potencia media	23.890	23.890
Idem de pequeña potencia	11.394	11.394
TOTALES	1.009.754	438.330

Resulta, pues, que apenas se transforma una décima parte de la potencia total en fuerza eléctrica.

En cuanto a la extracción del combustible y demás minerales que en tanta abundancia contiene nuestro subsuelo, basta observar que durante la pasada tragedia mundial, en la que nos hemos visto obligados a contar con nuestros propios medios, se ha intensificado la explotación de tal manera, que la producción de carbón ha duplicado, pasando de 4 a 8 millones de toneladas, quedando aparentemente suplido el consumo nacional de combustible. Y digo aparentemente porque si bien, en cuanto a la cantidad, esta cifra es actualmente suficiente, en cambio, refiriéndonos a la calidad, no es posible mantenerse en el mismo criterio; pues por más que durante la guerra la importación haya disminuido de dos a un millón de toneladas, es fácil que, pasada ésta, vuelva a subir dicha cifra por las razones siguientes:

Tenemos en España cuencas hulleras de calidad excelente; pero, en cambio, existen multitud de yacimientos combustibles cuya contextura física y baja potencia calorífica les hacen poco aceptables; pues, además de ser desmenuzables y de exiguo rendimiento térmico, se hallan muchas veces en puntos apartados y de difícil transporte; razón por la cual, en época normal, podría llegar a ser su explotación antieconómica. Sin embargo, he aquí un nuevo y poderoso manantial de energía que podría obtenerse fácilmente, transformado en eléctrica y en la misma bocamina toda la que encierran dichos *combustibles bajos*.

Respecto a los demás minerales, las estadísticas indican con elocuencia que, a pesar de que para una explotación activa se carece de medios adecuados, tanto en fuerza motriz como en transportes, el valor obtenido con la producción actual de todos ellos representan una cifra elevadísima. En efecto: en 1916 se extrajeron:

Antimonio	516	toneladas	evaluadas	en	648.593 ptas.
Antracita	268.087	—	—	en	8.017.367 —
Azogue	19.744	—	—	en	4.335.751 —
Azufre	46.923	—	—	en	1.746.041 —
Cinc	166.053	—	—	en	6.481.887 —
Cobre (mineral)........	25.179	—	—	en	4.013.979 —
Cobre (pirita)..........	1.748.742	—	—	en	35.690.434 —
Hierro (mineral)......	5.856.861	—	—	en	53.589.613 —
Hierro (pirita).........	953.678	—	—	en	13.184.477 —
Hulla	4.847.475	—	—	en	172.581.713 —
Lignito	473.106	—	—	en	5.694.681 —
Plomo (mineral)........	260.382	—	—	en	2.000.000 —
Plomo argentífero.....	7.380	—	—	en	360.000 —

Sal común	248.938	toneladas	evaluadas	en	1.949.806 ptas.
Aglomerados carbón..	555.975	—	—	en	27.109.484 —
Aglomerados hierro...	363.784	—	—	en	4.534.456 —
Carburo de calcio......	19.511	—	—	en	5.870.000 —
Cemento natural.......	289.950	—	—	en	4.523.000 —
Cemento portland......	246.389	—	—	en	14.800.000 —
Superfosfatos	315.177	—	—	en	34.000.000 —

Etcétera, etcétera.

III

¿Cómo facilitar la rápida explotación de estas riquezas naturales? Ya dije al principio que la solución estaba prevista. La "Comisión permanente de Electricidad" nos la proporciona con su proyecto de "Red nacional de distribución de energía eléctrica", para lograr con ella (como allí se indica) el aprovechamiento de la fuerza que hoy no se utiliza. Todos los pequeños saltos de agua que no soportan los gastos ni las pérdidas que su transporte a gran distancia exigiría, tienen forzosamente que limitar su radio de acción a las pequeñas localidades que los circundan; y los grandes sobrantes de fuerza que dejan aquéllas después de saturadas, han de ser abandonadas, siendo así que, vertidos en esta red, serían para otras poblaciones de un inestimable valor. Es claro que en dicha red se podrían también recoger las energías de aquellos combustibles bajos cuya conversión fuese útil efectuar. Quedaría además facilitado con ella el intercambio de fuerza entre aquellas regiones que por razones climatológicas tienen sus estiajes en épocas del año distintas; y aun durante el período general de estiaje, por su mediación, resultarían las minas de combustible antes aludidas un poderoso auxilio. En una palabra, esta gran línea colectora de 2.350 Km., que a la tensión de 120.000 voltios, recorrería la periferia de nuestra península, y que otras líneas radiales, partiendo del centro de la misma, se unirían con ella para formar en conjunto una *red completa de distribución* por toda España, recogería todas las energías diseminadas en los distintos puntos de la Nación, llevándolas a las núcleos industriales creados o que convenga crear, y aportando la vida por estas grandes arterias a todas las regiones españolas, tonificaría muchas de ellas y las sacaría de su estado de pobreza actual. Es evidente que a este proyecto debieran acompañar otros que emprendiesen la conveniente reforma legislativa acerca de las concesiones hidráulicas y mineras.

Se han dictado con este objeto Reales órdenes y Reales decretos; pero estimamos, como muy elocuentemente indica el Sr. D. José Bores

Romero, Inspector general del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, en su trabajo "La Industria Hidroeléctrica en España" (que recientemente ha publicado en folleto aparte la revista *Electricidad*), que sería preciso reducir la tramitación de los expedientes de concesión y facilitar o, aún mejor, estimular la iniciativa particular; única manera de que en breve plazo fuesen aprovechadas todas las riquezas naturales. ¡Cuántas alabanzas no se han tributado durante la pasada guerra a la hulla blanca, que, momentáneamente, conjuró el conflicto que planteaba la carencia de hulla negra! ¡Qué hubiera sido de la Industria catalana, durante dicho período, si, gracias a la iniciativa del malogrado Dr. Pearson, no hubiese sido tan oportunamente electrificada! Mientras no se logre una legislación que despierte y fomente nuestras iniciativas; ínterin el capital español no la secunde y hasta que desaparezca nuestro mal entendido individualismo industrial, y renazca entre nosotros el espíritu de colectividad, creador de estas grandes sociedades extranjeras, y que sólo a la potencialidad de las mismas se debe la riqueza de su país y la fuerza de expansión comercial, en virtud de la cual invaden los demás, ¿qué duda cabe que tendremos que agradecer y admirar a cuantos vengan al nuestro y con su capital y trabajo nos permitan disfrutar de las riquezas de nuestro suelo?

IV

Tal vez se pregunte: Una vez obtenidas y repartidas todas estas fuerzas, ¿en qué se utilizarán?

En primer lugar, no se trata de utilizarlas todas, sino sólo las que convengan.

Pero ¿es que, por ventura, nuestras industrias mineras, metalúrgicas y electroquímicas han llegado ya al máximum de su desarrollo?

¿No son en gran número las industrias que precisa implantar en España? ¿No es éste el objetivo de la ley de Protección a las industrias nuevas?

Finalmente, ¿no tenemos otra ley para el establecimiento de una red de ferrocarriles secundarios?

¿Se dudará aún de que haya donde colocar y utilizar estos millares de caballos disponibles?

Véase, si no, lo que, con el epígrafe "El ejemplo de Francia", escribe el Sr. Bores Romero en su mentado trabajo:

"Desde los primeros días de la invasión de sus provincias hulleras, la industria francesa volvió los ojos a la hulla blanca; y a pesar de la escasez de la mano de obra, del alza de los materiales y de las dificul-

tades de los transportes, gracias a la inmediata, eficaz y verdadera ayuda del Estado, que adelantó durante la guerra basta el 75 por 100 del coste de cada salto y facilitó toda clase de auxilios, la mayor parte de las instalaciones que estaban en construcción en 1914 se hallan hoy en plena explotación, y otras muchas han sido creadas por entero. La potencia instalada, que era de 800.000 caballos en 1914, alcanzó un millón y medio en 1918, repartidos del modo siguiente: 750.000 HP. en distribuciones de fuerza y luz; 450.000 en electrometalurgia; 200.000 en electroquímica; 60.000 en papelería e industria textil, y 40.000 en tracción de ferrocarriles. El Estado francés, sólo por el simple pago de las contribuciones e impuestos, percibe del 3 al 4 por 100 de los capitales invertidos en las instalaciones; resultando así que cada caballo hidráulico aprovechado aumenta en 500 francos la fortuna del Estado."

También se ocupa de la cuestión de comunicaciones, comparando las que tenemos nosotros con las que hay en Francia, y demostrando el gran número de kilómetros de carreteras y de ferrocarriles que nos faltan todavía construir.

Respecto a este particular, nos permitimos llamar la atención sobre la importante obra que, bajo la dirección del ex ministro de Fomento e ilustre político D. Francisco Cambó, publicó en 1918 el ministerio de Fomento bajo el título "Elementos para el estudio del problema ferroviario en España". En él se indica que pasan de 12.500 el número de kilómetros de ferrocarriles secundarios y estratégicos que han de componer la red proyectada, de la cual falta construir la mayor parte. También se deduce del estudio de los datos allí consignados que el coste por kilómetro resulta muy elevado comparado con el de otras naciones; cosa que obliga, precisamente, a buscar la manera de reducir los gastos de explotación por medio de la electrificación.

En cuanto al estado actual de nuestras industrias eléctricas, poco podemos añadir a lo consignado por el Ingeniero D. Eduardo Gallego Ramos, Secretario general de la "Unión Eléctrica Española", en su folleto titulado "La hulla blanca en España en 1917".

De dicho trabajo se deduce que, en lo referente al alumbrado eléctrico, habíamos llegado ya, en dicha fecha, al máximum de desarrollo, siendo su empleo generalizado por toda la Península. En cuanto a la fuerza motriz, los motores eléctricos iban invadiendo la pequeña industria; siendo más lenta la transformación en la grande, por existir todavía multitud de instalaciones térmicas e hidráulicas individuales.

Nos dice que era exiguo el empleo de la electricidad para la tracción, siendo así que debía la electrificación de los ferrocarriles encontrar favorable acogida en nuestro país; pues si bien en todas las naciones es difícil electrificar las grandes líneas, en cambio, para algunas

de nueva construcción y aun en las ya existentes, para algunas de sus secciones, podía ser la conversión de fuerza motriz de un valor inestimable. Sin embargo, en donde esta electrificación puede producir mayores beneficios es en la ejecución de la ya mentada red de ferrocarriles secundarios y estratégicos.

Tenemos en la actualidad electrificadas varias líneas de ferrocarriles, tales como la de Barcelona a Tarrasa, que, pasando por Las Planas, llega ya a Rubí y pronto a Tarrasa; la de Pamplona a Sangüesa, de 54 Km.; la de San Sebastián a Hendaya, de 20 Km.; la de Gergal a Santa Fe, de 22 Km.; la del ferrocarril minero de Ríotinto, de 45 Km.; la del túnel de Canfranc, de 3 Km.

Se proyecta electrificar las siguientes líneas: Del ferrocarril directo de Madrid a Valencia; el de la frontera francesa a Madrid y Gibraltar, por Burgos y Soria; la línea de San Sebastián a Bilbao; la sección de Puerto Pajares de la Compañía del Norte, y otras varias secciones de las Compañías del Norte y de M.-Z.-A.

Todo lo cual indica que, si esto tiene lugar ahora, es muy probable que dichos ejemplos se multipliquen cuando se disponga de mayores facilidades; es decir, cuando por efecto de ellas se reduzca el importe del material fijo y móvil, que hoy casi imposibilita toda empresa; pues la electrificación será entonces, seguramente, un hecho para las secciones de mucho tráfico de las líneas generales, para los ferrocarriles próximos a comarcas ricas en fuerza hidroeléctrica y para los ferrocarriles de vía estrecha.

Existen también otras líneas suburbanas electrificadas, tales como las de Bilbao a Durango, San Sebastián a Tolosa, etcétera, que suman en conjunto unos 250 Km., y además, son diez y siete las capitales de provincia que poseen su red de tranvías eléctricos, representando unos 500 Km., sin contar con el Metropolitano de Madrid, de reciente inauguración.

Las industrias electroquímicas y electrometalúrgicas se hallan representadas en España por trece fábricas de carburo de calcio, que producen una cantidad ya excesiva para el consumo del País.

Dos fábricas de cloro y sosa cáustica: una, la Sociedad Electroquímica de Flix, y otra, la Electra del Besaya; invirtiendo ambas en dicha fabricación unos cinco mil caballos hidráulicos.

Existe la refinería electrolítica de cobre en Lugones; algunos hornos eléctricos para electrometalurgia en Vitoria y en Vizcaya; se proyectan fábricas para la obtención de nitratos por medio de la fijación del nitrógeno atmosférico; y sólo se ha hecho un pequeño ensayo de electrocultura en la provincia de Huesca. Queda, pues, aún mucho que hacer en estas dos importantes ramas de la industria eléctrica; y en

cuanto a esta última, o sea la Agricultura, ¿quién no se ha asombrado ante las aplicaciones numerosas que nos indican los catálogos norteamericanos y alemanes acerca del empleo de la electricidad a ella y a las múltiples industrias agrícolas? ¿No son ya muy generalizadas las electrobombas para el riego en muchas comarcas? ¿A qué no será aplicable este inquieto y poderoso agente de transformación de la Energía, que, como esta última aplicación nos indica, nace del salto de agua, y después de transformarse y subdividirse, sirve para sacar otra vez agua de las profundidades de la Tierra?

En cuanto a la construcción de material eléctrico, podemos decir que, respecto al gran material, o sea los motores y las máquinas, se construyen en pequeña cantidad; pues si bien existen importantes talleres de construcción de máquinas de vapor e hidráulicas, tales como "La Maquinista Terrestre y Marítima", de Barcelona, etc., etc., y otros, como los de la "Siemens Shuckert, Industria Eléctrica", para la construcción de alternadores, transformadores, etcétera, y a estas grandes Sociedades siguen otras análogas de menor importancia, es lo cierto que en este ramo somos aún feudatarios de la producción extranjera.

Se producen también en España, en gran escala, acumuladores eléctricos, que construye la "Sociedad Española del Acumulador Tudor", y cables eléctricos que fabrica la importante Casa Pirelli y Compañía, de Villanueva y Geltrú, y algunas otras menos importantes.

Se producen en cifra casi bastante para el consumo nacional aisladores, carbones eléctricos y, sobre todo, lámparas de incandescencia, de lo cual existen ya ocho fábricas, que producen juntas de tres a cuatro millones.

Pero lo que se fabrica en menor escala son los aparatos de medición y el pequeño material eléctrico, del cual podemos decir nos surten por completo las Casas extranjeras.

V

Haciendo un resumen de todo lo expuesto, podemos deducir una conclusión que tal vez por considerarla indispensable es lo único que me ha alentado a exponer mi opinión en este tema: y es que los tres puntos que hemos sentado al principiar este trabajo como sólida base de nuestro progreso industrial, deben ser tratados a un mismo tiempo, ya que no es posible económicamente la ejecución del uno sin el otro, porque se complementan de tal modo, que el éxito sólo puede ser para este armonioso conjunto, y el equilibrio desaparecería con la supresión de alguna de sus partes.

En efecto: con el aprovechamiento de nuestra fuerza hidráulica y su distribución en forma eléctrica, se hará más factible la construcción de los caminos y ferrocarriles y, por lo tanto, la facilidad de los transportes. A la explotación de las minas y a la extracción de combustibles, sigue la de los demás minerales y con ellos el engrandecimiento de la industria metalúrgica; la construcción de maquinaria grande, así para la industria eléctrica, como para la de ferrocarriles. Con éstos se hace más fácil la construcción de nuevos saltos de agua y de las demás obras hidráulicas que convenga realizar para, regularizando los ríos, sacar de ellos el máximum de fuerza, así como facilitar los riegos y enriquecer la Agricultura. En una palabra: sólo de esta manera se puede llevar a cabo la magna obra de reconstitución nacional que se trata de emprender al formular los nuevos Presupuestos. Es indudable que muchas de las aplicaciones que la electricidad presenta para el uso doméstico, tales como la calefacción, cocción, etc., etc., y cuyo empleo depende del precio del kilovatio, tendrán un más probable desarrollo cuando, por efecto de mayores disponibilidades, puedan las grandes Empresas reducir, en parte, el enorme gasto que representa sus centrales térmicas de reserva, a lo cual también puede contribuir la red nacional de distribución; y entonces, con la reducción de tarifas de consumo, podrá aumentar éste considerablemente.

La futura Exposición Universal de Industrias Eléctricas y anexos será otro de los medios que contribuirán a divulgar multitud de aplicaciones e industrias que el público desconoce, y de sus enseñanzas puede tal vez salir un mayor estímulo para el capital español, tan poco dispuesto, como dije, a prestar su concurso a las grandes Empresas industriales.

Podemos, como resumen, establecer las siguientes

CONCLUSIONES

PRIMERA. Instalación de la red nacional de distribución.

SEGUNDA. Reglamentación de las concesiones y simplificación de los trámites para obtenerlas.

TERCERA. Construcción de la red de ferrocarriles secundarios.

CUARTA. Celebración de la Exposición de Industrias Eléctricas.

QUINTA. Instauración de una verdadera y completa enseñanza técnica."

Y siendo avanzada la hora—doce y cincuenta de la mañana—, se levantó la sesión.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 21 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y cuarenta y cinco de la mañana.

Dada lectura a las conclusiones del trabajo de D. Mario Martínez, que quedaron sobre la mesa para nueva redacción, fueron aprobadas sin discusión alguna.

Leídas de nuevo, y por tercera vez, las conclusiones del trabajo presentado por D. José Mestres Borrel, que tampoco se halló presente, la Sección acordó quedar enterada, sin emitir parecer sobre ellas por las razones que en la sesión anterior fueron indicadas, o sea, que dichas conclusiones, por su amplitud, salen de la esfera de esta Sección y abarcan puntos relacionados con el cometido de otras Secciones.

También se vuelve a dar lectura, sin que su autor se hallase presente, a la comunicación y conclusiones de D. Juan Moles Ventura, en las cuales pide que se declaren libres de todo tributo las centrales generadoras de electricidad, pagando impuesto sólo los utilizadores, así como la creación de un Cuerpo de Inspectores de Centrales eléctricas.

Impugna estas conclusiones el Sr. ANDRES (D. Rafael), objetando a la primera el que la importancia de la industria eléctrica, con ser grande, no justifica la exención que se pretende; pues lo mismo debería suceder en tal caso con las industrias minera, agrícola, etcétera. Si lo que se pretende es una exención parcial, ya existe en la ley de Protección a industrias; y, en todo caso, la diferencia entre productor y consumidor no cabe establecerla para el hecho de la tributación, puesto que aquél la recargaría en sus gastos de producción, y de hecho, quien la paga siempre es el consumidor. En la segunda conclusión ve el orador una censura al Cuerpo y organismos que hoy ejercen la inspección, por lo que estima que no procede la creación de una nueva, sino modificar o mejorar la inspección actual. Termina manifestándose partidario de que la proposición del Sr. Moles Ventura pase a la Sección de Legislación, por creer que en ella es donde quizá tenga cabida, y no en esta Sección.

El Sr. ESCUDÉ se muestra conforme con lo manifestado por el Sr. Andrés respecto a la primera conclusión; y en cuanto a la segunda, lamenta la ausencia del Sr. Moles, y expone su convicción de que

dicho señor no ha pretendido censurar la actuación de ningún organismo ni Cuerpo, sino que se refiere a la Inspección de Centrales, ajena a la Inspección de líneas, hoy encomendada a los Ingenieros de Caminos.

Al rectificar, el Sr. ANDRES insiste de nuevo en que tales Inspecciones, sobre acarrear un gasto innecesario, supondrían crear una traba a la Industria.

Acuérdase por todo ello pasar la comunicación a la Sección 12.ª de este mismo Congreso.

El Sr. ABAD (D. José) da lectura a un trabajo sobre carga de acumuladores con corrientes alternas desdobladas y a la transmisión de la energía por ondas hertzianas, del que quedó enterada la Sección, y del cual, como resultado de las manifestaciones de algunos Congresistas, se redujeron las conclusiones presentadas en aquel instante, y de palabra, por el Sr. Abad, a solicitar del Gobierno que facilite la labor a todo aficionado técnico a investigaciones científicas, ampliando las bibliotecas y dotándolas de todo libro moderno, nacional y extranjero, así como de catálogos, que son muy valiosos auxiliares.

El Sr. MALUENDA (D. Pedro) lee la siguiente Memoria:

"POSIBILIDADES DE LA RADIOMETALOGRAFIA

Por D. Pedro Maluenda, *Ingeniero militar.*

La presente comunicación no contiene, por desgracia, elementos de conocimiento que en líneas generales puedan ser ignorados por el aficionado a las lecturas de la especialidad. Algo pondremos en ella de nuestra experiencia; mas no mucho, pues ni de materiales en la amplitud deseada ni de tiempo suficiente hemos dispuesto para presentar un estudio de conjunto. Sirva este ensayo para encarecer la importancia de esta rama de la Técnica, casi desconocida por muchos colegas; pues del esfuerzo de todos ha de necesitar para adquirir el desarrollo que el porvenir parece reservarle.

Varios artículos han venido apareciendo en las revistas técnicas de los últimos meses relativos al examen radiometalográfico; salvo afortunadas excepciones, sin embargo, se han limitado a la descripción del tubo Coolidge o a intentos de vulgarización; todo ello muy estimable, pero que no marca progreso definido. Tenemos conocimiento de que en abril último se celebró por las Sociedades Faraday y Röntgen, de Londres, una reunión en que se discutió el resultado de las observaciones de ilustres experimentadores, sin llegar a una consecuencia clara, pues no hubo acuerdo completo en las opiniones. De las Sociedades referi-

das hemos solicitado una copia de los discursos; pero aun no ha llegado a nuestras manos, por estar en la imprenta la Memoria, según se nos ha dicho.

Pocos son los trabajos que se limitan a tratar de los asuntos referentes al tema apuntado. En general, se extienden casi exclusivamente en el campo del examen de las piezas fabricadas. De este modo, con ningún elemento contribuyen al estudio analítico de la composición y preparación de los metales o aleaciones utilizadas. Claro está que el moderno *tubo de vacío Coolidge,* fundado en el desprendimiento de electrones por un metal incandescente y, en su arrastre, por un campo eléctrico, da lugar a la producción de rayos X, cuya intensidad o *cantidad* y poder de penetración o *calidad* pueden regularse variando respectivamente el grado de incandescencia del cátodo y el campo eléctrico en el tubo, y permite alcanzar límites muy superiores a los de los anteriores *tubos de aire enrarecido,* ampliando de este modo las aplicaciones radiográficas—antes casi limitadas al examen del cuerpo humano—a la investigación de las grietas, pelos y burbujas que en la fundición de piezas metálicas, no muy gruesas, puedan existir. Pero todo esto, como venimos diciendo, no corresponde al título que se da a este género de ensayos. No desdeñamos estos trabajos, pero marcan otra aplicación de los rayos X que no entra en nuestro tema.

En cambio, si volvemos la vista a los estudios *micrometalográficos,* que han llegado a alcanzar un gran desarrollo y una aplicación utilísima en el examen de los materiales derivados del hierro, veremos que, por la observación de la superficie del material atacada por un ácido, se deduce el tratamiento térmico a que ha sido sometido un hierro o acero, lo que sería imposible deducir químicamente. Y cada día vemos en las revistas de Metalurgia que se añade un elemento más al edificio micrometalográfico; pero, por hoy, aun quedan vanos difíciles de cubrir, que hacen ineficaz en ciertos casos la aplicación micrográfica.

No cabe duda que el mejor ensayo de un material es fabricar con él la pieza correspondiente, o elegir al azar varias de las ya construídas y someterlas a un trabajo análogo a aquel a que se destinen, pero más fatigoso, comprobando así su resistencia total y, por tanto, la específica del material que la forma. Este método, sin embargo, sólo se sigue cuando se desconocen otros medios más científicos y apropiados, que son los que trazan indudablemente nuevos caminos a la Industria al analizar las causas que modifican las características.

Por tanto, dado que el examen micrográfico de los metales no permite distinguir, en algunos casos, variedades de aceros, por presentar el mismo aspecto en su superficie, es lógico que, sin desesperar de un éxito con estos métodos, nos ayudemos con los ensayos radiográficos,

aunque sólo sea como complementarios, por hoy, de los micrográficos.

Muchas dificultades se presentarán al examen radiográfico de los materiales, en tanto no vayan desvaneciéndose errores de procedimiento, que precisan una labor asidua y pública para su rápido dominio. Nosotros hemos operado con las *muestras de hierros y aceros,* cuyos ensayos mecánicos fueron publicados por el Teniente coronel Montoto con motivo del Congreso de Ciencias celebrado en Granada el año 1911, y cuyas micrografías, obtenidas por el Comandante Angel, fueron presentadas en el Congreso de Valladolid del año 1915. Así, aunque muy reducido el campo de nuestra observación, pues en los aceros especiales, que aquí apenas figuran, es donde ha de encontrar su más afortunada aplicación el examen radiográfico, tenemos, sin embargo, un estudio de estas muestras, con cuyo auxilio trataremos de probar que nuestra labor no ha sido del todo infructuosa.

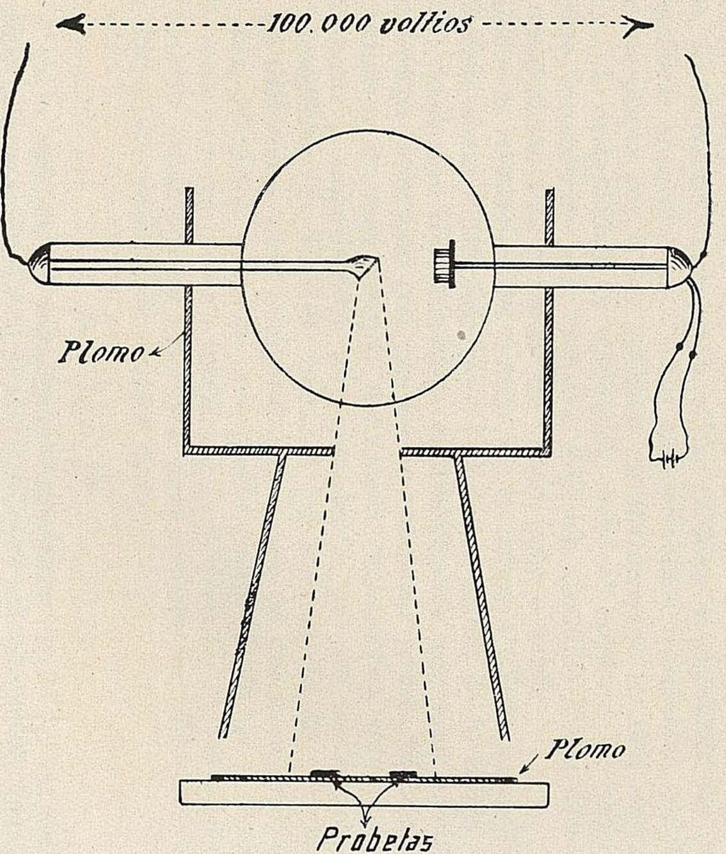
Ante todo, permítasenos recordar que los rayos X, que son de la misma naturaleza que los luminosos, pero de onda más corta, se clasifican por su *dureza,* o sea por su poder penetrante en una substancia dada, de grueso variable, que suele ser el aluminio o el plomo, de fácil y de difícil penetración específica, respectivamente. Esta dureza crece al disminuir la longitud de onda, que es del orden 10^{-9} cm. en los empleados en esta serie de ensayos.

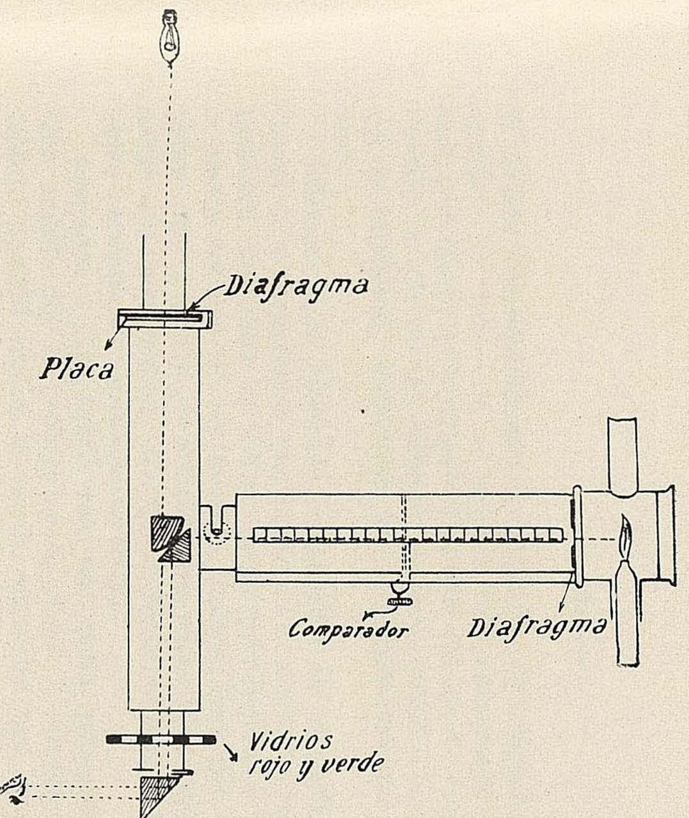
El análisis radiográfico se funda, pues, en la absorción varia que experimenta un haz de rayos X al atravesar los diferentes materiales; y cuando se cuide de que las condiciones en que se verifique el ensayo sean iguales, nunca será bastante, por la facilidad con que se originan *radiaciones secundarias* que nos llevan a resultados falsos.

Nosotros hemos operado con trozos de barras metálicas cuyo grueso era exactamente 5 mm., y con una radiación homogénea y constante obtenida con un tubo Coolidge de foco medio. El tubo se dispuso siempre a 40 cm. de la muestra ensayada e inmediatamente debajo de ésta, se dispuso el *chassis,* conteniendo, además de la placa fotográfica, una pantalla fluorescente de platino-cianuro de bario para reforzar la acción de los rayos emergentes de la muestra sobre la placa.

La exposición dada a la placa, o sea la cantidad de radiación, fué igual a 1,5 miliamp. $\times$ 20 segundos $=$ 30.

Si se tiene en cuenta que una radiación incidente sobre un cuerpo puede provocar en éste una radiación secundaria, cuya *dureza* depende exclusivamente de la naturaleza de este cuerpo, variando en el mismo sentido que su peso atómico; como, por otro lado, la radiación secundaria no se produce si la incidente no es de mayor dureza que ella, se comprende la conveniencia de rodear la cámara de ensayos con un material de gran peso atómico, como el plomo; pues—aun con rayos X


100.000 voltios
Plomo
Plomo
Probetas


Diafragma
Placa
Comparador
Diafragma
Vidrios
rojo y verde

de dureza correspondientes a la tensión de 100.000 voltios en el campo eléctrico del tubo—no se producirán radiaciones secundarias. Habremos, por tanto, de prodigar el plomo allí donde rayos dispersos puedan incidir, ya que en los cuerpos, de peso atómico no elevado, alcanzados por la radiación, tendremos focos secundarios que perturbarían el ensayo.

Además, para ponernos en guardia en lo posible contra las variaciones de transparencia que pudieran acusarse en las placas por su desigualdad, imposible de evitar en su fabricación, o por el revelado más o menos intenso de las mismas, hemos dispuesto siempre simultáneamente dos o más *probetas* distintas sobre cada placa, para poder comparar sus impresiones, *sin extendernos nunca a hacer comparaciones entre impresiones en placas distintas.*

Llegados a este punto, sólo nos queda proceder a medir la impresión dejada por la probeta en la placa. A simple vista no hubiéramos podido deducir nunca la escala numérica que presentamos, y que de desear es se compruebe y amplíe en breve plazo. Un fotómetro Weber hemos utilizado con este fin, completado, como en la figura 1.ª indica, con diagramas apropiados a la sección de las muestras. Además, como las impresiones son transparentes, se ha cuidado de la igualdad de iluminación, en el campo visual, para evitar errores, ya poniendo las placas fotográficas superpuestas a otras en porcelanas traslúcidas, ya iluminando las placas por la luz reflejada uniformemente en una superficie plana. La desigualdad de coloración entre el mechero de bencina del aparato fotométrico y la lámpara eléctrica auxiliar, se ha evitado por la interposición ante el ocular de vidrios rojo o verde.

Mediante la regulación del voltaje en la lámpara eléctrica auxiliar, hemos llevado siempre las medidas a la primera mitad de la escala del fotómetro, donde las comparaciones de iluminación son más precisas. También hemos procurado con este fin no comparar nunca directamente dos muestras de muy distinta naturaleza radiográfica, que pudiera llevarnos hasta la imposibilidad de comparación, por ser insuficiente la escala fotométrica. Se impone, pues, el establecimiento de una serie escalar de materiales, para comparar aquel que se desee ensayar con los dos más próximos entre los que quede comprendido en la escala, sirviendo a la vez este doble examen de comprobación de los ensayos.

La fórmula generalmente admitida para calcular la absorción que produce una placa metálica de espesor *d*, es:

$$I_a = I_i e - \lambda d$$

en que e es la base de los logaritmos neperianos, I_a e I_i las radiaciones absorbida e incidente y λ el *coeficiente de absorción,* igual al

producto del coeficiente másico μ (que crece con el peso atómico) por la densidad del material.

Y aunque μ es variable con la longitud de onda, o sea con la naturaleza del anticátodo del tubo y de las materias que haya atravesado anteriormente la radiación, puede determinarse previamente en cada caso, y, por tanto, λ.

La radiación emergente será, pues,

$$I_e = I_i - I_a = I_i(1 - e^{-\lambda d})$$

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS ENSAYADOS

Números.	Carga de fractura. — Kg./mm.²	Límite de deformaciones proporcionales. — Kg.	Alargamiento permanente de fractura por 100 en 200 mm.	Opacidad radiográfica relativa.
1	71,0	49,3	20,7	1
2	91,5	51,1	10,0	2,25
3	93,8	55,7	14,0	1
4	91,2	51,3	8,4	1,3
5	97,0	45,2	8,5	1,2
6	99,1	47,4	5,5	1,4
7	100,2	54,0	6,2	1,2
8	91,1	47,2	9,7	1,2
9	117,4	71,2	8,0	3,5
10	63,3	34,2	12,7	1,5
11	75,7	54,7	6,0	1,9
12	58,2	39,7	23,2	0,9
13	83,7	”	7,5	9,8
14	47,3	23,8	23,0	0,9

La composición química de estos aceros no nos es conocida en la mayor parte de los casos; mas por las características mecánicas que se acompañan, vese que, salvo el número 13, que es un acero al cromo-tungsteno de corte rápido, y el número 9, que es otro acero especial, los demás, que son aceros al carbono, no difieren en mucho, y, sin embargo, el ensayo radiográfico acusa sensiblemente las diferencias de composición. Con el fotómetro se puede apreciar una variación de 0,1 por 100 en la proporción de carbono o de 1 por 100 de tungsteno; y análogamente pasa con los aceros al cromo o al níquel.

Pudiera creerse a primera vista que dependiendo en general la opa-

cidad de los materiales de su peso atómico, bastaría determinar la densidad del acero para alcanzar una apreciación análoga a la radiográfica. Pero si se observa la tabla adjunta de pesos atómicos y densidades de los principales cuerpos que entran en las aleaciones se ve, por ejemplo, que el zinc, de densidad menor que el hierro, es, sin embargo, de mayor peso atómico, y en la práctica, de acuerdo con la teoría expuesta, sensiblemente más opaco a los rayos X.

Si tenemos, por tanto, un conocimiento aproximado de la composición de un acero o de una aleación en general, podremos en muchos casos precisar su composición por comparación con otros análogos.

TABLA COMPARATIVA DE DENSIDADES Y PESOS ATÓMICOS DE LOS METALES MÁS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA

CUERPOS	Densidad.	Peso atómico.
Grafito	2,2	12,0
Magnesia	1,7	24,3
Aluminio	2,7	27,1
Cromo	6,0	52,3
Hierro	7,8	55,8
Níquel	8,9	58,7
Cobre	8,9	63,6
Cinc	7,1	65,4
Plata	10,5	107,9
Estaño	7,3	119,0
Tungsteno	19,7	184,0
Platino	21,4	195,2
Plomo	11,3	207,1
Bismuto	9,8	208,0

El Sr. SECRETARIO da cuenta de dos trabajos que a continuación se publican: uno, del Sr. Escolano, y otro, del Sr. Gallego, ambos referentes a Radiotelegrafía y Radiotelefonía; mas por la casi identidad que existe entre sus conclusiones y las que presentó el Sr. Espinosa de los Monteros, se confiere a la Mesa el encargo de fundir todas ellas en unas mismas conclusiones que eviten la repetición de proposiciones por concordar en su fondo.

"RADIOTELEFONIA Y RADIOTELEGRAFIA EN SUS APLICACIONES A LA ESFERA CIVIL

Por D. MANUEL ESCOLANO, *Capitán de Ingenieros.*

I.—Introducción.

Hasta hace muy poco tiempo se ha considerado la comunicación por ondas hertzianas como un medio completamente separado de los demás elementos de comunicaciones, sólo utilizable en casos contadísimos y muy particulares.

Las interferencias entre estaciones, la falta de secreto en los despachos, las interrupciones debidas a los atmosféricos, etcétera, limitaban de tal modo el progreso de esta rama de comunicaciones, que nuestros Ingenieros hacían su estudio solamente como curiosidad científica. No esperaban que su aplicación definitiva llegase nunca a ser una realidad, tan práctica como lo es actualmente.

A estas condiciones se debe la escasa importancia que en todas nuestras Escuelas de Ingenieros se ha concedido a esta clase de estudios.

Un descubrimiento tan grande no podía quedar cercenado en sus aplicaciones por tanta limitación; y, efectivamente, en la actualidad, nuevos descubrimientos han hecho desaparecer casi por completo la mayor parte de las dificultades.

Estamos ya en el momento de que este novísimo medio de comunicación salga del campo limitado en que hasta ahora se ha desenvuelto, y le sea prestada por los Ingenieros la atención que merece. De este modo, cada uno de ellos, en su distinta esfera de acción, podrá aprovechar, en bien de la Humanidad, este nuevo elemento de comunicación que la Naturaleza ha puesto en nuestras manos.

Es nuestro objeto, en la presente Memoria, iniciar a los no especializados en estas materias, describiendo el presente y el porvenir de la Radiotelegrafía y Radiotelefonía, las causas que han entorpecido su desenvolvimiento, los últimos inventos que han vencido aquellas dificultades y las distintas aplicaciones que pueden tener en las diversas ramas de la actividad moderna.

II.—Inconvenientes de las comunicaciones radiotelegráficas.

1.º FALTA DE SECRETO.—El primer inconveniente con que se tropieza cuando empezamos a analizar las limitaciones de una comunicación radiotelegráfica es la falta de secreto. Efectivamente: todo despa-

cho emitido desde una estación transmisora puede ser recogido, no sólo por aquella estación a quien se dirigió, sí que también por cualquiera otra que esté en condiciones para ello.

2.º INTERFERENCIAS.—Hasta ahora, la multiplicación de estaciones, funcionando al mismo tiempo y a corta distancia unas de otras, ha sido irrealizable. A pesar de las diferencias de longitudes de ondas empleadas en las distintas transmisiones, fué imposible evitar por completo la interrupción del servicio de unas con otras.

3.º ATMOSFÉRICOS.—Otro inconveniente de consideración en las comunicaciones radiotelegráficas es el relativo a interferencias debidas a atmosféricos.

Son éstos de tal importancia durante algunas épocas del año, sobre todo en estaciones situadas en las zonas tropicales, que hacen imposible toda recepción de señales radiotelegráficas durante varios días.

III.—Análisis de los inconvenientes atribuidos a la radiocomunicación y medios de anularlos o disminuirlos.

1.º FALTA DE SECRETO.—Consideramos que este inconveniente es muy pequeño y fácilmente remediable.

Decimos que es muy pequeño porque si el despacho transmitido no es de importancia, como sucede generalmente en el servicio corriente, cursado por las estaciones comerciales, no importará que sea recogido por las demás estaciones. Por otra parte, estas estaciones tienen que atender a su servicio, y no suelen disponer de tiempo, ni sería económico que lo perdiesen, para dedicarse a sorprender despachos transmitidos por las demás estaciones.

Y es fácilmente remediable porque si se trata de algún despacho secreto cuyo descubrimiento interesa evitar, puede usarse una clave cualquiera, convenida de antemano con la estación receptora; y si se quiere aún mayor secreto, una clave conocida solamente por la persona a quien va dirigido el despacho, como ha tiempo se viene empleando en los servicios radiotelegráficos militares y diplomáticos.

De lo que resulta que esta particularidad, imputada como defecto a la emisión radiotelegráfica, es la que le da más ventajas en ciertos casos, caracterizándola con una propiedad que no goza ningún otro sistema de comunicación.

Citaremos al efecto:

Primero. El caso de un buque en peligro que, al hacer las llamadas de socorro, es oído al mismo tiempo por todos los buques provistos de estación radiotelegráfica que están dentro de su círculo de alcance.

Segundo. El servicio horario y meteorológico que desde una estación de gran potencia es dado a la vez a todas las demás estaciones y a los mismos buques en alta mar.

Tercero. Las noticias importantes de Prensa, que pueden ser recogidas a un tiempo por las redacciones de todos los periódicos del Mundo; y

Cuarto. Las notas oficiales que el Gobierno de una nación bloqueada puede dirigir a todos los demás países.

2.º INTERFERENCIAS.—El inconveniente de las interferencias es más grave, y ha preocupado mucho a los técnicos especialistas en la materia.

No se han dictado todavía reglas precisas para que pueda generalizarse el uso de los distintos sistemas de Radiotelegrafía y Radiotelefonía, y existe una limitación tan absoluta, que hace imposible el aprovechamiento por particulares de este novísimo medio de comunicación.

Esta prohibición la ha justificado, como queda dicho, la necesidad de evitar interferencias producidas por el funcionamiento simultáneo de varias estaciones situadas a pocos kilómetros unas de otras.

En la actualidad, con la aparición y el progreso de los nuevos emisores de onda continua, la recepción por el procedimiento llamado heterodino, y el desarrollo adquirido por el empleo de antenas compensadoras, puede decirse que ha desaparecido el inconveniente de las interferencias, por ser casi ilimitado el número de estaciones que pueden funcionar simultáneamente sin peligro de interrupciones.

Según esto, creemos llegado el momento de estudiar con minuciosidad las limitaciones que habrían de imponerse para conceder permisos de funcionamiento a nuevas instalaciones de Empresas particulares, siempre que por sus fines y alguna causa especial no pudiesen emplear otro sistema de comunicación.

Estas limitaciones habían de anular casi por completo todos los inconvenientes de las interferencias.

Debe entenderse que las condiciones a imponer tienen como objeto principal: que las estaciones de nueva instalación no puedan en ningún caso interferir en lo más mínimo al servicio ya establecido, y que las nuevas instalaciones no dificulten el establecimiento de la mayor cantidad posible de estaciones de la misma clase.

A este fin, deberían imponerse las condiciones siguientes:

Antena.—Debe estar dispuesta de modo que irradie la mayor cantidad de energía en el sentido de la estación corresponsal y la menor posible en todas las demás direcciones.

Esto puede conseguirse por varios procedimientos, siendo los de más resultado práctico el de Bellini y Tossi, con dos antenas cerradas perpendiculares y una vertical en el centro, y el de antena dirigida

Marconi, tipo en que la rama horizontal tenga una longitud superior en diez veces a la vertical, y sea además aproximadamente igual a un quinto de la longitud de onda.

Potencia.—La estrictamente necesaria para influenciar la estación receptora.

Sistema.—Ha de ser de onda continua, lo más pura posible, y el procedimiento para transmitir ha de ser tal, que no produzca onda de reposo de distinta longitud que la de la onda normal de transmisión.

Longitud de onda.—Ha de ser única y fijada de modo que no pueda interferir a las estaciones existentes más próximas.

Para conseguirlo, bastará que la frecuencia que corresponda a esta longitud de onda sea mayor que la correspondiente a la longitud de onda mínima recibida por las estaciones más próximas, en una cantidad superior a 20.000. Caso de que la estación próxima se encuentre a distancia menor de 50 Km., convendrá hacer que dicha longitud de onda tipo sea menor en 20 por 100 que la mínima recibida por la estación que no se quiere interferir.

Situación.—Será siempre en una dirección tal, respecto a estaciones próximas existentes, que la energía radiada en el sentido de ellas sea la menor posible. La distancia mínima a la estación más próxima dependerá de la potencia que, atendidas las anteriores consideraciones, se haya estimado necesaria. Para potencias inferiores a medio Kw. podrán situarse a distancias inferiores a cinco Km. Para potencias superiores a medio Kw. e inferiores a dos y medio, se habrán de situar a cinco Km. como mínimo. Para potencias superiores a dos y medio e inferiores de cinco, las distancias han de ser de 10 o más Km. Para el interior de la Península nunca se necesitará emplear una potencia superior a cinco Kw.

Recepción.—Antena: Dirigida de modo que reciba el máximo de intensidad de señales en el sentido de su corresponsal.

Detector: Empleo del detector ultrasensible con el máximo de amplificación. Este detector es el que fijará la potencia necesaria en el transmisor.

NOTAS.—1.ª Caso de que una estación deba comunicar con varias, se hará por escalas, comunicando cada una con la que tiene más próxima.

2.ª Las condiciones apuntadas evitan las interferencias al servicio existente, pero no puede asegurarse que éste no interfiera a las nuevas instalaciones.

3.ª Se deberá prohibir el funcionamiento de las estaciones con distinto fin del que sirviera para su instalación. También deberán sellarse el transmisor y el receptor, de modo que no se puedan alterar las longitudes de onda, dejando solamente a la vista los elementos necesarios

para alterar hasta el 10 por 100 en más o en menos la longitud de onda, con el único objeto de sintonizar.

4.ª Para el cumplimiento de estas condiciones, además de la inspección personal, sería conveniente el establecimiento por el Gobierno de dos estaciones radiogoniométricas, que deberían estar en constante observación; y caso de notar alguna falta, bien en el cambio de longitud de onda, bien en aumentos de potencia, fijar por intersección la estación perturbadora y denunciarla a las autoridades. Estas instalaciones podrían utilizarse para el descubrimiento de estaciones clandestinas.

5.ª De todos modos, creemos que el Gobierno, al autorizar instalaciones particulares, debe reservarse la facultad de interrumpir su uso cuando por cualquier causa pueda molestar al servicio de alguna estación militar, de la Marina o del Gobierno que se instale posteriormente en sus proximidades, ya sea permanente o provisional.

3.º Atmosféricos.—El hecho, comprobado recientemente, de que la mayor parte de las señales atmosféricas son propagadas en una dirección vertical y, por tanto, de distinto modo que las señales de las estaciones emisoras, que lo verifican en dirección paralela a la superficie de la tierra, ha servido de base al estudio de varios sistemas de eliminación de atmosféricos.

Algunos de estos sistemas han sido experimentados últimamente en estaciones transatlánticas, que son las más sujetas a entorpecimientos por esta clase de interferencias, y los resultados obtenidos han sido completamente satisfactorios.

Hemos de advertir que con ninguno de estos sistemas se ha evitado completamente la molestia causada por los atmosféricos; pero la intensidad de sus señales ha sido disminuida hasta un límite tan por debajo de las señales radiotelegráficas, que no interfiere en lo más mínimo la recepción de los despachos.

IV.—Aplicaciones prácticas de las radiocomunicaciones.

Esbozados los inconvenientes que se atribuyen a las comunicaciones hertzianas y la manera cómo se han aplicado los más recientes inventos para evitar o disminuir la mayor parte de aquellos inconvenientes, queda despejado el campo y es perfectamente adoptable este sistema de comunicaciones.

Veamos, aunque enumerados muy ligeramente, los distintos casos en que la comunicación por ondas hertzianas puede recibir una particularísima aplicación:

1.º—Aplicaciones a la navegación marítima.

Los numerosos naufragios evitados, las vidas salvadas desde que se aplicó este medio de comunicación a los buques, proclaman que se declare obligatoria su adopción como medida eminentemente humanitaria.

Así lo han comprendido los Gobiernos de casi todos los países, donde ya se han promulgado las disposiciones que obligan a instalar una estación radiotelegráfica en cada barco de pasaje.

Y como además es el único medio hoy existente que permite la constante comunicación con tierra de un buque navegando en alta mar durante una larga travesía, su utilidad desde este punto de vista, en el aspecto comercial y en el policíaco, es tan evidente, que creemos inútil insistir sobre ello.

Aparte los grandes servicios que la Radiotelegrafía puede prestar en las comunicaciones marítimas, su uso se ha generalizado también en otros sentidos, cuya utilidad práctica vamos a demostrar.

Nos referimos al empleo de los radiogoniómetros, conocidos también por el nombre de brújulas radiotelegráficas cuando se usan a bordo, y con el de radiofaros si se hace su instalación en tierra.

El radiogoniómetro es un aparato receptor para señales radiotelegráficas, que permite conocer casi con exactitud la dirección en que aquéllas han sido propagadas.

Un buque cualquiera, provisto de una instalación de esta clase, puede fácilmente situarse en alta mar, con intersección de las direcciones en que recibe señales de dos estaciones terrestres conocidas. Cuando exista un buque pidiendo socorro, puede acudir a él en el momento de recibir las primeras señales SOS sin esperar a que el buque en peligro marque su situación, lo cual es, por otra parte, muy difícil, dada la confusión producida a bordo en estos casos, por la rapidez con que suelen verificarse las catástrofes.

Los buques no provistos de radiogoniómetros necesitan, para situarse por este medio, llamar a dos estaciones terrestres que dispongan de dichos aparatos. Estas estaciones, al recibir las llamadas, notan la dirección en que aquéllas han sido producidas y contestan dando los rumbos. Con los datos recibidos de las dos estaciones fijas, y conocida la separación entre ellas, puede señalarse fácilmente la posición del buque por intersección, del mismo modo que antes se dice.

En costas peligrosas donde la niebla es frecuente, son muchísimos los accidentes que se evitarían con la instalación de varias estaciones radiogoniométricas a lo largo del litoral. Estas estaciones permitirían fijar en todo momento la verdadera situación de los distintos buques que navegaran en sus proximidades.

Aunque de reciente invento, son ya varias las estaciones radiogoniométricas abiertas al público que están prestando un grandísimo servicio en pro de la seguridad en la navegación.

2.°—Aplicación a la navegación aérea.

La aplicación de este novísimo medio de comunicaciones es única en la navegación aérea.

Los demás medios hasta ahora empleados, tales como nubes de humo, disparos, señales luminosas, movimientos y giros de los aparatos, etcétera, etc., sólo son eficaces en distancias cortas y cuando las condiciones atmosféricas son favorables.

Al principio, la aplicación de la Radiotelegrafía a los aviones luchó con la resistencia que oponían los pilotos a todo aumento de peso y a nuevas preocupaciones en vuelo.

Hoy, por el contrario, son muchísimos los que no admiten el mando de un aparato para largos recorridos si no va provisto de una instalación completa radiotelegráfica o radiotelefónica que les permita, en caso de pérdida o desorientación, comunicar con tierra, para situarse de nuevo, y pedir auxilio en caso de accidente.

Prescindiendo de las extensas aplicaciones militares que puede tener y los beneficios que reporta el uso de un sistema tan seguro de comunicación con tierra, y limitándonos a la navegación comercial, podemos asegurar que el que nos ocupa tiene grandísima utilidad en los casos siguientes:

Comunicación a tierra de noticias referentes a las condiciones del viaje, hora en que se espera llegar al aerodromo, detenciones o causa del mal tiempo, etcétera.

Situación del aeroplano en caso de niebla, o de pérdida por desconocimiento exacto del itinerario que ha de seguirse. Para ello se hacen llamadas desde el aparato en vuelo a estaciones radiogoniométricas situadas en puntos convenientes del recorrido y recibe de cada una de ellas su orientación, pudiendo de este modo fijar por intersección el punto donde se halla. Con este mismo fin puede también usarse un receptor radiogoniométrico a bordo del aeroplano, que al recibir señales de estaciones conocidas permite fijar su posición.

Como ejemplo típico de aplicación de este último sistema puede citarse el viaje del avión "Alliance", desde Londres a Madrid, en un solo vuelo y en línea recta. El piloto aviador desconocía por completo el itinerario, y llegó a Madrid guiado únicamente por las señales que recibía en su aparato desde nuestras estaciones de Carabanchel y Aranjuez.

Si una avería o la falta de gasolina obligase a interrumpir el viaje, aterrizando en un punto aislado, la estación radiotelegráfica es de gran utilidad para pedir auxilio, fijando el punto de toma de tierra.

La estación radiotelegráfica de a bordo puede también utilizarse en tierra, con el empleo auxiliar de una cometa o un pequeño poste para sostener la antena.

Las estaciones radiotelegráficas terrestres construidas especialmente para el servicio de aviación pueden facilitar a los aparatos en vuelo noticias meteorológicas referentes a la dirección e intensidad del viento, lluvia probable y tempestad en los distintos puntos de su recorrido, consiguiéndose con ello evitar muchísimos accidentes.

Desde el punto de vista técnico, el problema está completamente resuelto. Hoy se construyen estaciones, para instalar a bordo de los aeroplanos, que pesan solamente 30 kilogramos, y permiten un alcance telefónico de cerca de 200 Km. y el radiotelegráfico de 500 Km.

3.°—Radiocomunicaciones en los trenes.

Las ventajas de disponer un tren en marcha de constante comunicación con las estaciones y otros trenes también en movimiento, son innegables.

Desde el año 1885, en que Edison trató de comunicar telegráficamente desde los trenes en marcha valiéndose de una bobina Rumkforff que inducía en los hilos situados a lo largo de la línea, han sido muchísimas las tentativas que se han hecho por distintos inventores para llegar al mismo fin. La Radiotelegrafía ha sido, como se ha dicho, el único sistema que ha resuelto completamente este gran problema, aplicado en algunas líneas de ferrocarriles de Norteamérica con resultado satisfactorio.

La antena de un tren provisto de estación radiotelegráfica consiste, sencillamente, en una serie de conductores colocados sobre el tejado de los coches y aislados de éste por soportes de porcelana. En ningún caso se rebasa el perfil de galibos reglamentarios de puentes y túneles.

Las ventajas de este sistema de comunicación han de ser inmensas. Aparte la comodidad que para los viajeros supone el poder dirigir sus negocios desde el tren durante un largo viaje, recibiendo constantemente noticias y detalles de la marcha de sus asuntos, se evitarían muchos accidentes de choques y robos en los trenes, se podrían recibir noticias de Prensa, cotizaciones de Bolsa, etc., etc.

El alcance de los transmisores en trenes ordinarios basta que sea el estrictamente necesario para que en su recorrido pueda siempre comunicarse con las dos estaciones más próximas. En los trenes rápidos,

deben hacerse instalaciones de mayor potencia, para comunicar directamente con los pueblos importantes.

El alcance de las instalaciones radiotelegráficas en las estaciones deberá ser diferente, según su importancia, de manera que todas ellas comuniquen, por lo menos, con las dos estaciones más próximas en el sentido ascendente y descendente. Las estaciones correspondientes a capitales de provincia, empalmes y nudos de comunicación, conviene que puedan comunicar directamente con las de mucho alcance que se encuentren situadas en los grandes núcleos de población.

4.º—Aplicaciones meteorológicas.

Las principales naciones del Mundo tienen organizado un servicio especial meteorológico por Radiotelegrafía. Sus estaciones emiten a ciertas horas del día radiogramas referentes a la dirección y velocidad del viento en distintas regiones, estado del cielo, el del mar, tiempo probable, etcétera. Se comprende la importancia y utilidad de poseer en todos los centros de actividad agraria, así como en los puertos y campos de aviación, una estación radiotelegráfica encargada de recibir esta clase de información, tan valiosa para agricultores, navegantes y aviadores.

A estas estaciones, que en la actualidad suelen ser solamente receptoras, se las debiera dotar de un transmisor, necesario para informar diariamente a la estación central de las circunstancias atmosféricas locales. De este modo podría completarse el parte meteorológico con la información que se recibe oficialmente del Extranjero.

5.º—Aplicaciones generales.

El perfeccionamiento alcanzado por los aparatos empleados en la radiocomunicación aconseja que este procedimiento sea generalmente aplicado, siempre que por su rapidez, economía de entretenimiento y seguridad del servicio resulte más ventajoso que los demás medios conocidos.

A las aplicaciones principales que hemos enumerado ligeramente, pueden añadirse:

1.º Las comunicaciones entre continentes, que hoy se hacen por cable.

2.º El servicio extranjero de Prensa.

3.º Las comunicaciones entre puntos cuyo terreno intermedio sea difícil para la instalación de líneas ordinarias por su mucho coste o por dificultades de entretenimiento.

4.º Para enlazar con los núcleos principales de comunicaciones or-

dinarias las poblaciones alejadas que, por su escaso servicio, no podrían cubrir los gastos de montaje y entretenimiento de una línea corriente.

5.º Las comunicaciones entre los distintos puntos de trabajo en las minas y para casos de accidente.

6.º Estaciones portátiles para mantener constante comunicación con las bases de aprovisionamiento en las expediciones exploratorias, levantamiento de planos de grandes extensiones desiertas, reconocimiento de líneas, trazado de itinerarios, etcétera.

Y otras varias, que cada cual encontrará seguramente dentro de su esfera especial de actividad.

V.—Resumen.

En los apuntes que anteceden se ha procurado hacer resaltar la importancia que en la actualidad ha adquirido el servicio de radiocomunicación y los beneficios que de él se pueden obtener.

Como consecuencia, recomendamos al Congreso de Ingenieros que estudie este asunto con la atención que su importancia requiere, y se sirva proponer las conclusiones que estime acertadas, a cuyo fin iniciaremos las siguientes:

1.ª Debe nombrarse una Comisión técnica, encargada de estudiar constantemente todos los adelantos referentes a radiocomunicaciones.

2.ª Para cumplir mejor su cometido, esta Comisión la integrarán representantes de todos los departamentos y entidades que directa o indirectamente estén interesados en el servicio radiotelegráfico. Con el mismo objeto, deberán formar parte de dicha Comisión personas técnicas de reconocida competencia en la materia.

3.ª Esta Comisión deberá formular y someter a la aprobación del Gobierno las condiciones a que habrán de ajustarse y el reglamento por que hayan de regirse las estaciones de nueva creación, revisándolos periódicamente para la continua adopción de los últimos adelantos y seguir paso a paso todo el moderno desenvolvimiento científico.

4.ª Se estudiarán y propondrán al Estado las instalaciones que deban hacerse para proteger las vidas en el mar, asegurar y mejorar las comunicaciones aéreas, poseer medios propios de comunicación con los demás países para casos de bloqueo, etcétera. A esta sección corresponde el estudio de las estaciones radiogoniométricas, faros radiotelegráficos, estaciones radiometeorológicas, etcétera.

5.ª Deberán fomentarse los estudios radiotelegráficos en nuestras Escuelas de Ingenieros, con el objeto de que España no quede rezagada en las investigaciones científicas encaminadas a perfeccionar y ampliar las aplicaciones de este maravilloso descubrimiento.

6.ª Convendrá dar facilidades para las instalaciones de aficionados, en vez de restringirlas, como ahora sucede. Estas instalaciones, bien encauzadas y sujetas a constante inspección, pueden ser un elemento valiosísimo en las investigaciones científicas, contribuyendo en gran escala al progreso de este novísimo medio de radiocomunicación.

7.ª Se deberá crear un laboratorio oficial de ensayos radiotelegráficos, a igualdad de los que ya existen en el Extranjero. En este laboratorio podían seguirse experimentalmente los adelantos realizados, y al mismo tiempo serviría para ensayar, modificar y dar un sentido práctico a los trabajos que sobre esta materia realizasen los inventores españoles.

8.ª Se estudiará con detenimiento la instalación de estaciones experimentales, así como aquellas estaciones radiogoniométricas *detectives* que se crea necesarias para vigilar el exacto cumplimiento de la reglamentación acordada."

"CONVENIENCIA DE ESTABLECER LOS APARATOS DE ONDA CONTINUA EN LAS ESTACIONES DE TELEGRAFIA SIN HILOS

Por D. Enrique Gallego Velasco, *Ingeniero militar.*

Desde 1896, en que, fundándose Marconi en la teoría de Maxwell y experimentos de Hertz, realizó los primeros ensayos para la comunicación a distancia valiéndose de las ondas hertzianas, la Telegrafía sin hilos no ha cesado de hacer grandes y continuos progresos. De la chispa ronca de gran amortiguamiento y poca energía, producida en la primitiva disposición de Marconi, se pasó dos años más tarde a excitar la antena por medio del circuito oscilatorio de Braun, dando origen a la *Telegrafía sintonizada,* por la variación del grado de acoplo entre los circuitos excitador y radiador.

El circuito oscilante, que era al principio excitado por una bobina de Rumkorff alimentada por corriente continua interrumpida, fué substituido, siguiendo las indicaciones de Blondel y Fleming, por el empleo de un transformador unido a un alternador de 25 a 30 períodos por segundo, en el cual, gracias a la sobretensión lograda por la *resonancia* del circuito total de carga, producía, con el empleo de un sencillo transformador industrial, la carga del condensador a muy alta tensión, llegando a obtenerse un número de descargas o chispas por segundo, comprendido entre 15 y 30. Este sistema de chispas ordinarias fué casi el único empleado hasta 1907, en que, por los experimentos de Wien, del

empleo de la chispa ahogada o extinguida, que origina la excitación *por choques,* oscilando libremente la antena, y por el aumento hasta 500 ó 1.000 períodos de la frecuencia de la corriente producida en el alternador, nació el sistema de chispas frecuentes o *musicales,* explotado por la Compañía "Telefunken", en Alemania, mientras en Inglaterra la Compañía "Marconi" (que desde 1900 empleaba la sintonia por la célebre patente de los cuatro sietes) producía oscilaciones análogas, empleando el excitador de disco giratorio a la velocidad necesaria para producir la nota musical, algo menos pura que la "Telefunken", por no oscilar el circuito radiador tan libremente, aun con el empleo de débiles acoplos.

Estos sistemas de chispas musicales, que ofrecen, sobre los de chispa ronca, ventajas tan innegables como la de producir ondas de menor amortiguamiento y, por tanto, más puras, mayor rendimiento o aumento de acción a distancia para igual gasto de energía, mejor sintonización entre las estaciones, lograda ésta, no sólo por la frecuencia de las oscilaciones, sino también por la de las descargas o trenes de ondas, y mayor claridad de las señales, que no se confunden con las producidas por las descargas atmosféricas, se extendieron rapidísimamente por todo el Mundo, colocando la Telegrafía sin hilos entre los inventos más útiles y provechosos.

Tanto las grandes estaciones interoceánicas, como las de potencias medias y las pequeñas, semifijas o portátiles, empleadas en el Ejército y la Marina, son de este sistema de chispa sonora, en el cual, por las naturales competencias entre las Casas constructoras para fabricar e instalar sus aparatos, se ha llegado a un perfeccionamiento y seguridad del servicio como nunca se había soñado.

De mediados de este período 1907-1914, data la construcción en nuestro país, primeramente, de una red militar a base de sistema "Telefunken", y poco después, de una red concesionaria de servicio público, construida y explotada por la Compañía "Marconi" a principios del año 1912. Mientras tanto, gran número de estaciones flotantes eran instaladas en la Marina mercante, exclusivamente del sistema "Marconi", mientras que la Marina de guerra equipaba con estaciones "Telefunken" las pequeñas unidades, y con "Marconi" las de la nueva escuadra.

La onda continua: su comparación con la onda amortiguada.

En el afán de perfeccionar los sistemas de chispa amortiguada, por la disminución de amortiguamiento, alcanzando decrementos logarítmicos de 0,02 y aun inferiores, se llegó a la generación de un gran nú-

mero de trenes de onda por segundo, compuesto cada tren de una ondulación de frecuencia y amplitud prácticamente constante, obteniéndose de este modo una verdadera emisión de onda no amortiguada o *entretenida,* interrumpida regularmente por los intervalos existentes entre las descargas o chispas del transmisor; pausas cuya duración depende del tiempo en que el condensador es de nuevo cargado.

Mientras la Telegrafía de chispa hacía tales progresos, un grupo de sabios, entre los que figuraban Thomson, Tesla, Simon y Dudell, trataban de perfeccionar prácticamente el experimento que el físico últimamente citado descubrió, el 1900, con el nombre de *arco cantante*—llamado así por la nota musical que emite un arco voltaico introducido en un circuito oscilante—; fenómeno que no pudo a principios utilizarse prácticamente, por las grandes capacidades y autoinducciones que era preciso emplear para obtener las longitudes de onda usadas en la práctica de la T. S. H. Al Ingeniero danés Waldemar Poulsen le era reservado, en 1903, obtener un arco de empleo práctico, haciéndole saltar en una atmósfera de hidrógeno, refrigerando enérgicamente sus electrodos y sometiendo la llama del arco a la acción de un potente electroimán.

A raíz de estos felices experimentos, se constituyó en Dinamarca la Sociedad "Amalgamated Radiotelegraph", explotando las patentes de Poulsen y Forest, la que construyó estaciones en Lyngby, cerca de Copenhague; Cullercoats, próxima a Newcastle; Knockre, en Irlanda; San Francisco de California y Honolulu, en el Pacífico, etcétera, con potencias entre 20 y 40 kilovatios útiles en el arco. A pesar de esto, las grandes naciones continuaban construyendo estaciones de chispa, de nueva planta, como las de Clifden (Irlanda) y la reciente de Glace-Bay (Terranova), la moderna de la torre Eiffel, de 150 kilovatios (inaugurada al empezar la guerra) y las grandiosas de Coltano, en Italia, y Stavanger, en Noruega, ambas de 300 kilovatios de energía efectiva, comunicando Coltano con la República Argentina y Massau (Africa oriental), y la segunda, no terminada aún en 1914, para comunicar con Boston.

Aunque, hoy día, no ha decrecido lo más mínimo la importancia y valor técnico de estas grandes estaciones, es lo cierto que el empleo tan amplio que de la onda continua se ha hecho durante la pasada guerra, ha dado lugar a que, en tiempo relativamente corto, estas nuevas ondas hayan sufrido intensas pruebas que han puesto de manifiesto sus excelentes cualidades, por lo que hoy día son cada vez más empleadas, tanto en estaciones fijas de grande y media potencia, como en las móviles de pequeña potencia para uso de los ejércitos y de las naves aéreas.

Fig.1.

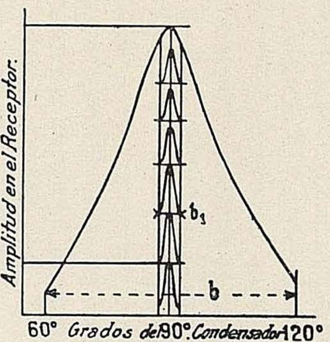


Fig.2.

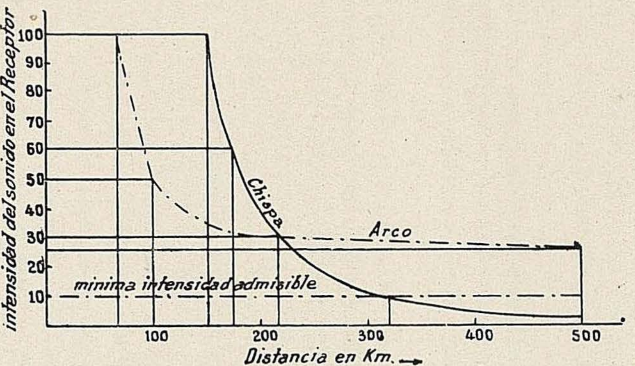


Fig.4.

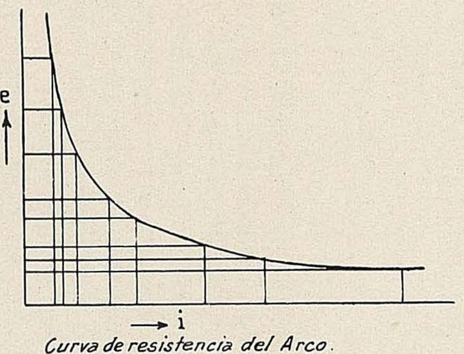


Fig.3.-Esquema del Arco.

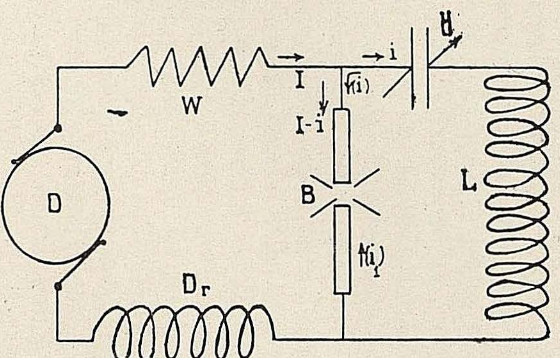
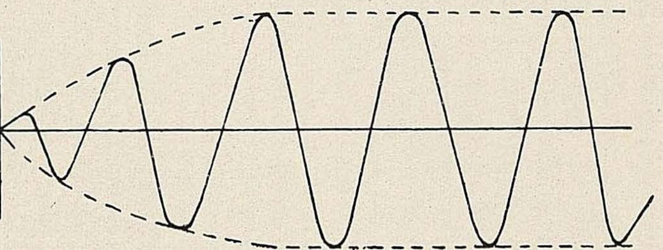


Fig.5.-Oscilacion del Arco.



Comparadas con las débilmente amortiguadas, no existen entre unas y otras separación sensible, ya que, como al principio decimos, los modernos sistemas de chispa generadas en el descargador "Marconi" a gran velocidad producen ondas prácticamente de amplitud constante separadas por cortísimos intervalos de silencio. La diferencia entre unas y otras consiste más bien en el modo de emplearlas, ya que las continuas, no sólo son una oscilación no interrumpida de amplitud y frecuencia invariable, sino que la antena transmisora las irradia de un modo constante, tanto en el período del trabajo, como en el de reposo, mientras que las amortiguadas sólo irradian cuando el manipulador está bajo; esto representaría un 40 por 100 de beneficio de energía consumida a favor de las amortiguadas a igualdad de coste de producción del kilovatio.

A propósito de las excelentes cualidades atribuídas a las ondas continuas, no podemos por menos de traducir textualmente lo que se dice en una obra alemana, dedicada en gran parte al estudio de estas nuevas ondas:

"Las ondas continuas, como tales ondas eléctricas de todo sistema radiotelegráfico, sufren pérdidas en su camino; pero de la práctica se deduce que, con igual oscilatoria en la antena transmisora, el alcance con onda continua es *considerablemente mayor que con la amortiguada,* y, además, la *sintonía es mucho más aguda,* siendo las pérdidas (debidas a obstáculos topográficos y por influencia del día y de la noche, época del año, etcétera) considerablemente menores."

La primera propiedad puede explicarse por el hecho de que la acción sobre los reveladores de onda generalmente usados (de los que el detector de cristal es el tipo) es proporcional a la energía de la radiación y no a la tensión máxima, teniendo las ondas continuas mayor producto-tensión por intensidad por tiempo que las amortiguadas, de gran valor inicial, pero que decrecen para dar lugar a intervalos inactivos de silencio. En cuanto a la notable propiedad de la disminución de pérdida al chocar las ondas con los obstáculos, podría explicarse comparándola al conocido fenómeno mecánico de que es más fácil poner en movimiento un vagón de ferrocarril, por la acción de sucesivos y prolongados pequeños impulsos, que no por un golpe fuerte, pero aislado. Análogamente, la oscilación detenida por el obstáculo puede ser más fácilmente puesta de nuevo en movimiento, por la sucesión de los pequeños y continuos esfuerzos que traen las ondas posteriores si son continuas, que no si se envía una fuerza de gran intensidad, pero repentina, ya que entonces es mucho más difícil vencer la inercia de la oscilación interrumpida.

Esta pequeña amplitud de la oscilación continua es también la cau-

sa de la notable precisión lograda en la sintonia. En efecto: la energía oscilatoria es absorbida al llegar al aparato receptor en el sistema de chispa de gran amplitud inicial; la anchura *b* (figura 1) puede marcar en cierta escala (por ejemplo, en grados de condensador de la antena receptora) el espacio en que son perceptibles las señales (60 grados en nuestro caso); si se trata de oscilaciones continuas, por el contrario, como tiene muy pequeña amplitud, la base es mucho menor con la misma energía obtenida en un período, ya que con ayuda del "tikker" o con otras disposiciones que mencionaremos más tarde, estas pequeñas amplitudes pueden llegar a sumarse, sin que la pequeña base se modifique; base que, referida a grados de condensador, resultará comprendida entre límites mucho más estrechos que anteriormente.

Consecuencia de esta agudeza es la posibilidad de emplear acoplamientos lo suficientemente débiles para que pongan al receptor a cubierto de los trastornos atmosféricos, y la posibilidad de que varios pares de estaciones puedan trabajar simultáneamente sin la menor interferencia, con una ligera diferencia entre sus longitudes de onda inferior a tres por ciento, y esto sin tener en cuenta el empleo de los modernos métodos de recepción por *pulsación* o interferencia entre las ondas que llegan y las artificiales generadas en la antena por la válvula de tres electrodos, por cuyo medio la selección es tan extrema, que basta una variación de cinco por mil de la longitud de onda, para la que ha sido calibrado el receptor, para que las señales sean completamente inconfundibles, y aun dentro de estos límites las diferentes ondas producen toda la gama de tonos acústicos.

Refiriéndonos a la comparación desde el punto de vista de acción a distancia, supongamos que se emplea en las dos estaciones antenas de igual altura y energía y que sea ésta, por ejemplo, de 9 amperios, estando las estaciones separadas unos cientos de kilómetros transmitiendo, una, ondas amortiguadas, y la otra, ondas continuas.

Construyamos (figura 2) las curvas que se obtienen en cada receptor, llevando en abcisas las distancias, y en ordenadas las intensidades obtenidas en el receptor. Vemos que, a unos 220 kilómetros, ambas curvas se cortan, cayendo rápidamente la correspondiente a oscilaciones amortiguadas, mientras la curva de oscilaciones continuas se conserva sensiblemente paralela al eje de las XX. Esto nos dice que, a muy cortas distancias, la intensidad en la recepción es mayor con oscilación amortiguada; pero a medida que la distancia aumenta, el fenómeno se invierte.

Esto puede también explicarse por la inercia y elasticidad de que toda oscilación está dotada. Con oscilación continua, trabajando con amplitud pequeña y constante, ponen al éter en oscilación ininterrum-

pida que fácilmente se extiende, mientras una impulsión de gran amplitud, pero intermitente, es, en parte, absorbida por la inercia del medio, que necesitará relativamente mayor cantidad de energía para mantener al éter en oscilación; análogamente a como ocurre en el ya mencionado ejemplo de vagón de ferrocarril.

Consecuencia de este fenómeno es que, empleando el detector de contacto para las oscilaciones amortiguadas y el "tikker" para las continuas, el alcance logrado con estas últimas es considerablemente mayor que con las amortiguadas para igual número de amperios en la antena transmisora. Sin embargo, con el empleo actual de la válvula amplificadora del detector de cristal, para onda amortiguada y simplemente detectora para la continua, esta diferencia es hoy día menos sensible.

Por último, la ventaja más principal y decisiva a favor de la onda continua es la posibilidad de aplicar perfectamente con ellas la Telefonía sin hilos, que requiere una oscilación no amortiguada cuya frecuencia sea superior a la del sonido de mayor altura, perceptible por el oído humano.

Pasamos a continuación a indicar someramente los medios actuales de generación de esta clase de onda.

Medios de generación de la onda continua.

Aunque las Compañías "Marconi" y "Telefunken" emplean, en general, generador de chispas productores de grupos de oscilaciones, ambas han aplicado también generadores propios que producen oscilaciones no amortiguadas. El generador continuo "Marconi" de alta frecuencia empleado en Clifden, se fundamenta en las rapidísimas rupturas producidas en un circuito de corriente continua por medio de un disco rotatorio a gran velocidad, produciendo así corrientes onduladas asombrosamente grandes y de frecuencia muy alta. También ensayó Marconi el empleo del alternador de alta frecuencia, de cuyo uso desistió, adoptando, para producir las nuevas oscilaciones, el sencillo medio mecánico antes bosquejado, que, dicho sea de paso, le valió el premio Nobel en 1908.

La Compañía "Telefunken", en cambio, emplea un alternador construído de modo que produzca una frecuencia fundamental en principio tan alta como sea posible, la cual se amplía a su vez en un transformador polarizado. Sin embargo, los medios clásicos que producen ondas continuas puras y que nacieron con ellas, pueden dividirse en tres grandes grupos:

1.º Generación por la válvula de vacío de tres electrodos.

2.° Idem por el nuevo alternador "Goldschmidt"; y

3.° Idem por el arco "Poulsen".

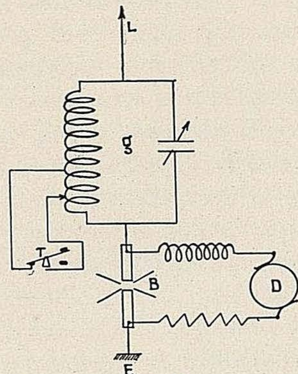
a) Por el primer medio se utiliza la válvula de vacío de tres electrodos o de doble anodo, fundada en el mismo principio que las empleadas hoy día como detectoras y amplificadoras para toda clase de ondas, las cuales son una perfección de la antigua válvula de "Fleming", fundada en el conocido efecto Edison. Estas válvulas, de las que existen muchos tipos para la recepción (como las "Q", "V24", "Moorhead", "Round", "Marconi", "Americanas Roome", etcétera), son para transmisión algo modificada en lo que a la robustez y tamaño se refiere, constituyendo el célebre Audion de De Forest, para cuya explotación en España se creó la Compañía Ibérica de Telecomunicación, que, en marzo de 1917, inauguró la primera comunicación española radiotelefónica entre los vapores "Gaime" y "Lulio", de la "Isleña Marítima", consignándola después entre Mahón y Barcelona, y realizando las experiencias de Bilbao.

Los tipos de estaciones para barcos tienen un kilovatio, con un alcance telefónico de 400 kilómetros y 1.000 kilómetros de alcance telegráfico, no deteniéndonos en este medio de generación por haber sido dado a conocer detalladamente en la "Energía Eléctrica" por el culto y entusiasta director técnico de la Compañía últimamente citada.

Creemos que el generador de válvula indicadísimo, tanto para las futuras estaciones flotantes, como para las transportadas por aeroplanos y demás naves aéreas, es sólo, hoy día, aplicable en *pequeñas potencias,* siendo hasta ahora el empleo de la válvula transmisora algo inseguro y delicado. La misma Compañía "Marconi" confesaba hace cinco meses que, a pesar de haber montado muchas instalaciones de esta clase en Inglaterra e Italia (y en España en los nuevos acorazados), no creía *por ahora* oportuno su uso en los buques mercantes, no sólo por lo delicado de su manejo, sino también por la falta de la reglamentación de su empleo, que exigiría además, quizá, un cambio en la actual longitud de onda práctica (600 metros). En cuanto a su empleo en aeronaves, puede decirse que, hoy día, es casi exclusivo, juntamente con algunas pequeñas estaciones de chispa (como el transmisor "Sterling", así como en las estaciones militares transportables. Resumiendo, pues, creemos que la válvula será el futuro generador de onda continua para uso de naves, aeronaves y estaciones transportables del Ejército y Armada.

b) Generación por alternador de alta frecuencia. — Donde más se ha extendido esta clase de generación es en Alemania, donde la Casa Golddschmidt construye un alternador basado en las propiedades del motor polifásico, produciendo corrientes de una frecuencia com-

Fig. 6.



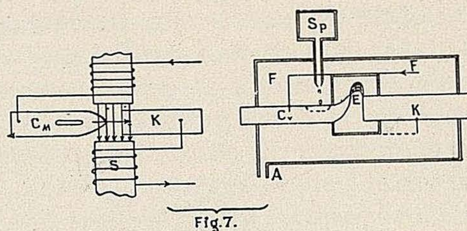


Fig. 7.

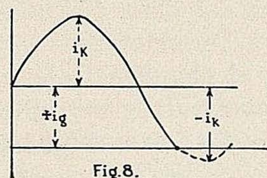
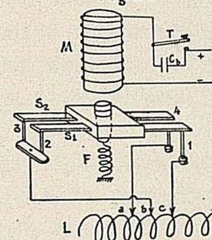


Fig. 8.

Fig. 10.



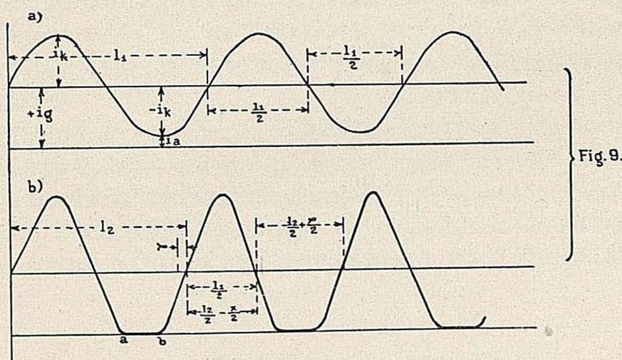


Fig. 9.

prendida entre 10 y 40.000 períodos por segundo, obtenida gracias al empleo de palastros ultradelgados (0,05 milímetros), de gran número de polos (cerca de 400) y de grandes velocidades (3 a 5.000 vueltas por segundo); frecuencia que aun puede elevarse empleando varios circuitos oscilatorios sintonizados adecuadamente que elevan de modo sucesivo la frecuencia fundamental. De este mismo sistema que genera ondas muy puras, existen otras variantes, como el alternador "Alexanderson", empleado por Fessenden, de hierro giratorio, a la vertiginosa velocidad de 20.000 vueltas por minuto, construído de acero al cromoníquel y montado sobre un árbol flexible, análogo al de las turbinas "Laval". Otro tipo es el "Bethenod", explotado por la Sociedad Francesa Radioeléctrica, que consta en esencia de varios alternadores en cascada, excitado cada uno por la corriente del precedente.

Sin embargo, el alternador de alta frecuencia tiene el inconveniente de la dificultad de regulación por las variaciones de velocidad, debidas a las alteraciones de la carga, aun suponiendo que realmente fueran vencidas las dificultades prácticas de construcción para la moderna industria eléctrica que pudiera suministrar máquinas tan dificilísimas en pequeñas potencias.

Contrariamente al de la válvula, el empleo del alternador está, pues, únicamente indicado para las estaciones ultrapotentes. Estación modelo de alternador "Goldschmit" es la alemana de Neustad, cerca de Hannover, que, recién terminada la guerra, inauguró su servicio con las españolas de Aranjuez y Carabanchel.

c) Generación por arco.—Llegamos, por último, a la generación por medio del arco "Poulsen", objeto principal de esta comunicación.

El arco llena, por decirlo así, la laguna existente entre la válvula y el alternador; pues aunque también es apto para pequeñas potencias (como lo prueba el haber usado los Imperios Centrales, durante la pasada guerra, gran número de pequeñas estaciones de arco, no sólo transportadas en carros, sino también a lomo, de uno y medio Kw.), creemos que el arco está más indicado para estaciones de potencias medias.

Como la primera estación española de onda continua, inaugurada con gran éxito en julio de este año, es de arco "Poulsen", y de arco son también todas las nuevas que a raíz de la guerra construyen las grandes naciones, pasamos a describir este sistema, poco conocido aún, que ha sido también aceptado por las Compañías "Marconi".

Fundamento del sistema de arco «Poulsen».

Para explicar la generación de ondas continuas por medio del arco, nos valdremos del sencillo esquema dibujado en la figura 3. El circuito de alimentación del arco está formado por una dínamo de corriente continua, una resistencia variable W y una bobina de reacción D*r*. El arco no actúa como un sencillo conductor metálico en que la intensidad aumenta proporcionalmente a la tensión, sino que los polos producen una especie de contrapresión que se opone al paso de la corriente; contrapresión que disminuye a medida que la corriente aumenta, según indica la "curva de resistencia" del arco (figura 4), obtenida llevando en ordenadas las tensiones variables a que se le somete, y en abcisas las intensidades de corriente que pasan a través del arco. Debido a esto, para lograr que el suministro de energía dado por la dínamo sea lo más constante posible, se coloca, en derivación con el arco, un circuito oscilante formado por el condensador C y la inductancia L, con lo que el proceso de las oscilaciones ocurre del modo que sigue: primeramente, el arco es alimentado por la corriente total Y, graduada por la resistencia variable W; una parte muy pequeña *y* de esta corriente total se dirige hacia el condensador, disminuyendo, por lo tanto, la corriente que pasa por el arco, que será únicamente $Y - i$; esta disminución de corriente dará lugar a un incremento en la contrapresión de que antes hablamos, con lo que el condensador se cargará más todavía, hasta el momento en que, dada su pequeña capacidad, la carga terminará, descargándose rápidamente a través del arco, con lo que por éste fluirá nuevamente la corriente total Y. Por la curva de resistencia de la figura 4, vemos que este aumento de corriente producirá una disminución en la tensión, es decir, la resistencia del arco, y, por tanto, el amortiguamiento del circuito oscilante habrá también disminuído; lo que será causa de un aumento en la amplitud de la oscilación. Como al mismo tiempo ha disminuído también la resistencia del circuito de alimentación (de que el arco forma parte), correrá sobre el arco una nueva corriente total $(Y + di)$ cuando se haya cambiado de nuevo la dirección de la corriente en el circuito cerrado. La nueva corriente i_1 absorbida por el circuito oscilante aumentará aparentemente la resistencia del arco $(I - i_1)$, que, no obstante, seguirá la misma en valor absoluto, gracias a la corriente adicional *di* suministrada por la dínamo.

Vemos, pues, que, tanto la corriente de la dínamo, como la oscilatoria, sufriendo una serie de aumentos sucesivos, llegarán a un valor máximo a causa del amortiguamiento del circuito y de la corriente fijada al manantial por la resistencia W; máximo que se conservará ilimitadamente a expensas de la energía suministrada por la dínamo.

La oscilación del arco tiene, pues, la forma de la figura 5, y es de notar que, así como en el sistema de chispas se obtiene la energía oscilatoria en el circuito oscilante por la carga y descarga de un condensador, cuya capacidad es proporcional a la energía suministrada, en este sistema de arco, el condensador (de capacidad mucho más pequeña) no sirve más que para provocar la producción de energía oscilatoria a expensas de un manantial exterior.

La curva característica, que en el primitivo arco "Dudell" era muy poco pronunciada, lo que obligaba al empleo de un circuito oscilante, de muy gran capacidad y autoinducción, con los graves inconvenientes de la dificultad de construir condensadores tan enormes y el de generar oscilaciones de frecuencia excesivamente baja, impropia para Telefonía, fué muy mejorada por Poulsen, que lo encerró en una atmósfera de hidrógeno, con lo que el desgaste de los electrodos era el menor posible y el enfriamiento del arco muy rápido, debido, no solamente a una enérgica refrigeración de los electrodos, sino también a la gran conductibilidad calorífica de dicho gas; este apagamiento rápido del arco hace más marcada la curva característica, permitiendo el empleo de un circuito oscilante de muy pequeñas capacidad y autoinducción, obteniendo así la suficiente frecuencia necesaria para el uso de la Telefonía.

Con lo dicho basta para comprender el funcionamiento del transmisor sencillo (figura 6), en el que L es la antena, G el circuito oscilante cerrado y B el arco alimentado por la dínamo D de 500 voltios; uno de los electrodos del arco se une a tierra, y el otro a la antena, con lo que el arco se descargará directamente sobre ésta. Como aquí no existen los motivos que precisaban en los sistemas de chispa, el empleo de débiles acoplos, se efectúan éstos tan fuertemente como sea posible (30 a 40 por 100), con lo que la antena recibe la mayor cantidad de energía.

Con este esquema se consigue una sencilla sintonización; pues basta variar la "self" o capacidad del circuito cerrado introducido en la antena para variar su oscilación propia; todas las manipulaciones son, pues, sencillísimas; pues la pequeña capacidad del condensador (de 3 a 4 000 centímetros) solamente, en estaciones de 4 Kw., hace indicadísimos el empleo de sencillos condensadores de placas. Además, siendo la máxima tensión de la instalación alrededor de 500 voltios, las precauciones a tomar para el aislamiento son relativamente pequeñas. La instalación trabaja además en completo silencio, por la ausencia de excitador de chispas.

Antes de poner los esquemas generales de transmisores de este sistema, consideramos será de utilidad dar a conocer algunos detalles constructivos referentes al arco, máxime cuando, hasta hoy, no existe ninguna descripción española de este nuevo sistema.

Descripción general de sus aparatos.

Hubo que vencer repetidas dificultades para hacer práctico el empleo del arco, ya que es un hecho, generalmente conocido, el que la lámpara de arco no siempre arde como debe, observándose a menudo que sufre oscilaciones desagradables que acaban por apagarle para resplandecer con gran brillo a los pocos momentos. El encendido de la lámpara de arco dura siempre cierto tiempo hasta que arde tranquila, y la tensión en el arco cambia continuamente. Estas malas cualidades debían vencerse antes de nada, para hacer posible la propia energía del arco, ya de por sí notablemente aumentada; la extraordinaria radiación de calor debía, en lo posible, ser disminuída, para evitar tales pérdidas de energía; era preciso, pues, refrigerar enérgicamente el arco, haciendo su electrodo positivo de cobre, y el negativo, de un carbón tan homogéneo como fuera posible, cubriéndolos con una hermética cámara de fuego, llena a su vez de hidrógeno, cuya gran conductibilidad calorífica (a causa de ser el hidrógeno el metal de menor peso atómico y mayor velocidad atómica, por tanto) transportará el calor a la envuelta metálica, la cual, a su vez, lo cederá a la corriente de aire que exteriormente la rodea, producida por un enérgico ventilador. El hidrógeno y gases quemados son sencillamente repuestos, gracias a la alimentación continua de dicho gas, producida (fig. 7) por un depósito de alcohol Sp; que deja caer éste, gota a gota, sobre la pequeña superficie ahuecada en la parte superior del electrodo de cobre; al caer el alcohol en el electrodo caliente, se volatiliza rápidamente, constituyendo una envoltura gaseosa continuamente renovada; los gases quemados caen al fondo, y son expulsados por el tubo de escape A.

Para evitar que el alcohol inunde la cámara del arco, se regula automáticamente su caída, gracias a la unión de la llave de alimentación con un contrapeso, que, al ser atraído por el electro cuando pasa corriente por el arco, produce la apertura de dicha llave. Además, para evitar la explosión que podría formarse al producirse el hidrógeno en el primer encendido, la cámara de fuego está provista de una pequeña válvula de seguridad. Para el enfriamiento del agua de circunvalación a través del electrodo de cobre, existe un serpentín refrigerado por un ventilador.

Para graduar la separación de los electrodos e iniciar el encendido del arco, el carbón va fuertemente roscado a un eje de fibra, terminado exteriormente en un volante. estando el electrodo de tal modo fijo, que puede ser apretado para el encendido; pero una vez libre, tiende a separarse por la acción de dos resortes, tan lejos como lo permitan la po-

Fig. 11. _ Esquema para Telegrafia.

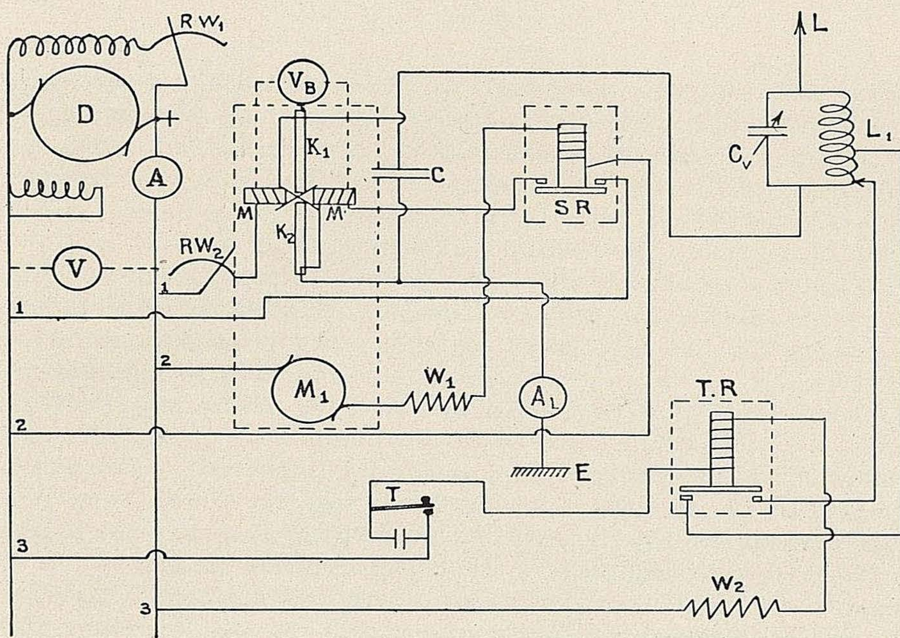
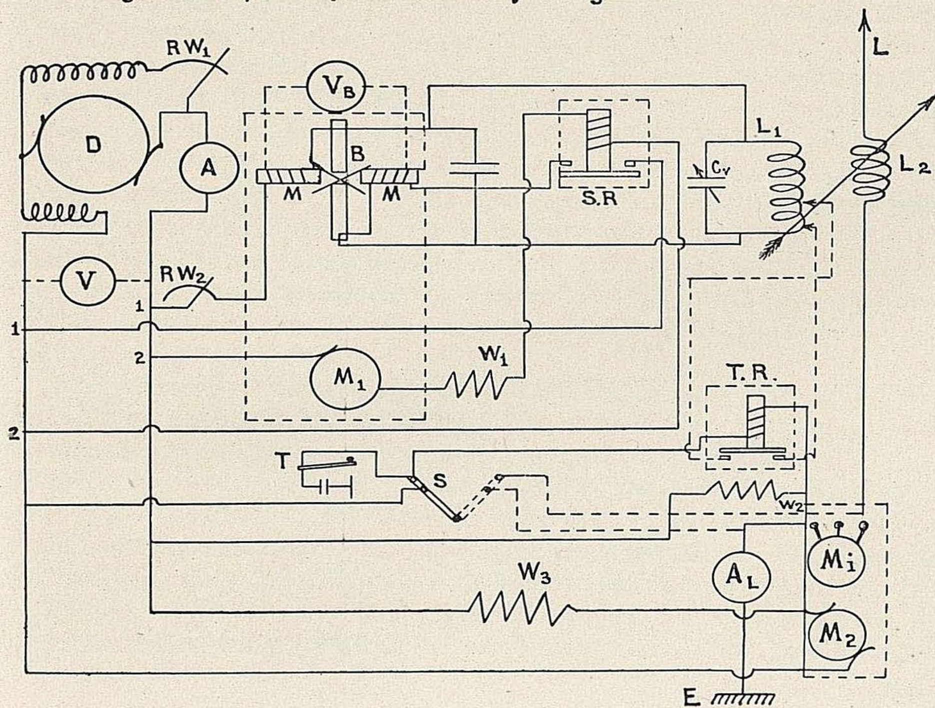


Fig. 12. _ Esquema para Telefonia y Telegrafia.



sición de la placa de fibra. Para compensar el desgaste de carbón, existe un punzón que gradúa el alejamiento entre los electrodos. Bajo la manivela del electrodo de carbón existe un pequeño motor que actúa directamente el ventilador, y mediante la conveniente reducción de velocidad, pone el carbón en movimiento lento de rotación.

Una vez encendido, es preciso que el arco queme tranquilo, por lo que ha de mantenerse su longitud, evitando el desgaste que continuamente sufre el electrodo negativo de carbón; debe, pues, cuidarse que se presente al arco una superficie fresca, y esto se logra por el lento movimiento de giro que antes indicamos.

Pero una nueva condición es necesaria para hacer práctico el empleo del arco, y es obtener *una suficiente longitud de arco con pequeña distancia de electrodos,* lo que, por una parte, precisa gran longitud de arco para que la energía producida sea suficiente, y, por otro lado, no puede ser grande esta distancia; pues si el arco se apagase casualmente, no se podría volver a encender, interrumpiéndose la emisión.

Venció Poulsen esta nueva dificultad, empleando un campo magnético producido por un potente electroimán transversal al arco. Se comprende que el arco se extinguirá, en el momento en que la corriente negativa producida en el circuito oscilante del condensador (fig. 8) exceda en valor absoluto a la de alimentación, puesto que entonces no pasará ninguna corriente por el arco; pero siendo oscilante la corriente del condensador, el arco debe en seguida encenderse; lo que no es posible más que cuando la distancia entre los electrodos es pequeña. Se consiguió esta doble propiedad haciendo el electrodo de cobre en forma de pico avanzado (fig. 7), con lo que se asegura el cebamiento del arco. Por la acción del electroimán antes explicado, tendremos un conductor movible (el arco) sometido a la acción de un campo magnético, con lo que la llama será alternativamente desviada hacia arriba y hacia abajo, alargándose, por consiguiente, y aumentando la energía generada (mientras la distancia entre electrodos en generadores pequeños es sólo de 3 mm., se logra por este medio una longitud mínima en la llama del arco de 7 a 8 mm.).

La acción del electroimán produce además una regulación automática; pues, según se ve en la figura 7, estando el arco en serie con el arrollamiento de los electros, si se aumenta la resistencia del arco, disminuirá la intensidad de la corriente, y, por consiguiente, el campo magnético creado por los electros será más débil y el arco menos desviado, con lo que fácilmente se cebará de nuevo; esta dependencia mutua entre la longitud del arco y la fuerza del campo magnético produce una ideal regulación automática, dando lugar a que la caída de tensión en el arco sea muy pequeña y, por consiguiente, los cambios produci-

dos en la longitud de onda emitida sean tan pequeñísimos, que no tengan ninguna influencia en el aparato receptor aun cuando la sintonía sea muy aguda.

Clases de oscilaciones.

Para comprender mejor la facilidad de disminuir todo lo posible los cambios de longitud de onda producidos por los apagamientos momentáneos del arco, supongamos (fig. 9) que *ig* es la corriente constante suministrada por la dinamo, e *ik* el máximum de la oscilatoria engendrada por la descarga del condensador. Si la corriente oscilatoria es de la forma indicada en la primera curva, obtendremos entonces una oscilación completamente regular, ya que siempre habrá corriente que pase por el arco, por lo cual éste nunca se apagará; esto es lo que generalmente ocurre en las lámparas de arco, en que no existe ningún campo magnético, y sería una oscilación ideal si estuviese dotada de la suficiente energía, sólo conseguida introduciendo el campo magnético y aumentando la corriente del circuito oscilante, como indica la segunda curva, en cuyo caso se llega a un punto *a*, en que la corriente de alimentación es igual y contraria a la oscilante, con lo que el arco se apagará; como al mismo tiempo queda interrumpido el circuito del condensador, la corriente oscilante se anulará igualmente, llegando de nuevo al arco toda la corriente de la dínamo, se volverá a encender después de cierto tiempo representado por *ab*, en cuyo momento nace otra vez la corriente oscilante. La oscilación que resulta será la marcada de lleno en la figura 9, cuya longitud L_2 será igual a L_1, propia del circuito oscilante, más el trozo x correspondiente al tiempo en que el arco estuvo apagado. La semilongitud de onda variará, pues, $1/2\ L_2 - 1/2\ x$ hasta $1/2\ L_2 + 1/2\ x$, diferencia insensible escogiendo convenientemente la corriente de la dinamo y la del circuito oscilante, haciendo, por ejemplo, que éstas sean de 8 y 9 amperios, respectivamente.

Todavía hay otra tercera clase de oscilaciones, obtenidas cuando la corriente del condensador es considerablemente mayor que la de alimentación, en cuyo caso, los lapsos de tiempo hasta el reencendido del arco son tan grandes, que la oscilación obtenida es completamente irregular; como antes dijimos, esto se evita con facilidad escogiendo convenientemente los valores de la autoinducción y capacidad del circuito oscilante.

A) ESQUEMAS PARA TELEGRAFÍA.—El montaje más sencillo es el indicado en la figura 6, que goza de la característica de que el arco es directamente introducido en la antena, con lo que el aprovechamiento de energía es máximo, y, segunda, que por medio del circuito de auto-

inducción y capacidad montadas en paralelo sobre la antena (llamado montaje en volante), basta graduarlas convenientemente para sintonizar el transmisor a cualquier longitud de onda.

Como indica la figura, el manipulador, en situación de reposo, pone en corto circuito unas cuantas vueltas de la bobina de antena, con lo cual, al accionarse el manipulador, no se hace más que aumentar un poco la longitud de onda emitida. Esto tiene la ventaja de hacer independiente el encendido del arco del manipulador, una vez que se haya logrado su funcionamiento continuo gracias al volante de ebonita ya conocido. La antena emitirá continuamente energía, y en el receptor podrán comprobarse dos ondas: una, negativa, correspondiente al período de reposo del manipulador, y otra, positiva (algo mayor en nuestro caso), correspondiente al período de trabajo, dando origen al golpe y contragolpe característicos en la recepción de ondas continuas, que obliga a buscar cuál de las dos ondas es la positiva o verdadera, cosa fácil de lograr en telegramas expresados en lenguaje ordinario, pero muy difícil en despachos cifrados o redactados en idiomas desconocidos.

Una gran ventaja resulta de la emisión de las dos ondas, y es que basta observar el amperímetro de antena para darse cuenta de cualquier defecto o falta de aislamiento, ya que ambas ondas han de producir en el amperímetro desviación casi idéntica, un poco más pequeña para la onda negativa, puesto que, al quedar en corto circuito, varias vueltas consumirán algo de energía, que quedará libre al apretar el manipulador; la intensidad de la corriente en antena ha de oscilar, pues, entre límites muy pequeños, y, por tanto, si el arco no quiere encender o la oscilación del amperímetro no es la ordinaria, será señal de que el arreglo de la antena no es el debido, sufriendo pérdidas por falta de aislamiento, porque la toma de tierra no es franca, etcétera.

Otra ventaja muy valiosa de la constante emisión es que resulta imposible registrar ambas ondas emitidas en los circuitos aperiódicos (formados por el detector, teléfonos y autoinducción) empleados en las pequeñas estaciones, con lo que éstas no serán molestadas.

Finalmente, siendo continuo y regular el trabajo de la instalación, y variando en tan pequeña cantidad la corriente de la antena, no hay inconveniente que aquélla sea todo lo rápida que exijan los modernos aparatos empleados en la Telegrafía, combinados para la recepción con el registro de las señales por medio del escritor de luz fotográfico (empleadísimo en esta clase de estaciones) o fonográfico por la impresión de discos sensibles giratorios a gran velocidad, tan empleados en las grandes estaciones de "Marconi", que permiten velocidades de transmisión superiores a setenta palabras por minuto.

La figura 11 indica el esquema completo de una estación de arco, en la que se ve primeramente la dínamo D de 500 voltios con excitación "compound", para que su velocidad no cambie por las probables variaciones repentinas de carga. Una resistencia reguladora RW_1 sirve para que la dínamo suministre la energía precisa. Después de atravesar los aparatos de medida, la corriente va a las barras generales del cuadro, de las que salen tres circuitos independientes:

a) El de alimentación del arco 1,1. La corriente parte de 1; yendo a la resistencia regulable RW_2, va sobre uno de los arrollamientos del electro; sigue al electrodo de cobre, arco, electrodo de carbón, segundo arrollamiento del electro, contactos del "relais" de seguridad SR, volviendo al cuadro. La resistencia RW_2 sirve para regular la tensión del arco, observada en el voltímetro WB; el "relais" de seguridad interrumpe automáticamente la corriente cuando ésta no sigue el camino debido.

b) Circuito 2,2, que comprende el motor M (para el ventilador y rotación del electrodo de carbón) y arrollamiento del "relais" de seguridad. Una resistencia W_1 rebaja la tensión de este circuito a 110 voltios, y, por último, *c*), circuito 3,3 que va sobre el manipulador (cuya chispa de ruptura es absorbida por el condensador C*v*), sigue al "relais" del manipulador, volviendo al cuadro por la resistencia W_2, que regula la tensión del trabajo.

La figura 10 indica el detalle del manipulador "relais", constituído por los cuatro contactos de dos flejes unidos a la armadura del electro M, que vence la acción del resorte F; L es la autoinducción de antena y *ac* las tres o cuatro espiras puestas en corto circuito mientras no se actúa el manipulador; el objeto de los cuatro contactos es dividir en cuatro partes la tensión existente entre *a* y *c*, ya que la corriente de la autoinducción tiene, a partir de *b*, los dos caminos de la propia "self" y los *b*21*c*, *b*34*a*. Este "relais" es sólo empleado en estaciones superiores a 5KW.

Volviendo a la figura 11, el circuito de antena se une al arco por el electrodo de cobre, mientras que el carbón se une a tierra por intermedio del amperímetro de antena A_2.

B) Esquema para Telefonía.—La figura 12 muestra el esquema para Telefonía, el cual se diferencia del anterior en la introducción del micrófono al pie de la antena, y en que el acoplo entre la antena y el arco es inductivo y blando, para que los cambios de resistencia de la antena motivados al hablar en el micrófono, produzcan una marcada caída de energía que no pueda ser instantáneamente contrarrestada por el manantial sino al cabo de cierto tiempo, cosa que no ocurriría en el montaje directo, en que por ser muy pequeña la variación, no tendría

ninguna influencia en la onda emitida. Además, con acoplo blando se está más a cubierto de las irregularidades en la marcha del arco, evitándose los ruidos extraños a que pudiera dar lugar. Para alcanzar cierto tanto por ciento en el cambio de la resistencia delantera, pueden emplearse varios micrófonos en serie que sean igualmente influenciados al hablar. Como los micrófonos ordinarios soportan una corriente máxima de 4 amperios, la energía de la antena queda limitada en la práctica a la correspondiente a una intensidad de 3 1/2 amperios (en estaciones de 4KW), y como la distancia de acción depende de la energía radiada, o sea, del cuadrado de la corriente soportada por los micrófonos, se ve la conveniencia de emplear micrófonos que soporten intensidades de corriente relativamente grande.

Por el acoplo blando, puede regularse, no sólo el número de amperios de la antena, sino también la emisión de una onda única, sintonizando debidamente los circuitos abiertos y cerrados, para una exacta longitud de onda, con lo que la emisión de la palabra será más pura.

Para evitar que el micrófono esté constantemente intercalado en circuito, corriendo el riesgo de carbonizarse su membrana por excesiva intensidad, y, al mismo tiempo, para poder ser empleada la misma instalación con radiotelegráfica, puede fácilmente ser puesto en corto circuito por medio de la llave S, en cuyo caso se intercala en la antena el manipulador con su correspondiente "relais".

Tanto en este esquema, como en el anterior, el "relais" de seguridad está de tal modo dispuesto, que enclava la instalación, haciendo imposible la alimentación del arco, mientras que por las espiras de su electro no pasa una parte alícuota de la corriente de la dínamo, lo cual no es posible mientras las palancas de bloqueo de antena y receptor no estén en la disposición de transmisión.

Para el uso del micrófono, deben tenerse en cuenta ciertas prescripciones.

Primeramente, no se debe gritar demasiado; pues se ha deducido prácticamente que la caída de energía en la antena, motivada por el cambio de intensidad experimentada en el micrófono al hablar, debe ser próximamente la mitad de la total. Es decir, que si ordinariamente la corriente microfónica es de 3 1/2 amperios, la energía será proporcional a 12,25, y, por tanto, al hablar, el cuadrado de la intensidad debe ser próximamente 6, o sea ésta de 2 amperios y medio. Segundo: el que habla no debe poner la boca sobre la bocina del micrófono, porque, entrando ésta en vibración, produciría una voz ronca y confusa. Y, por último, deben ser claramente moduladas las vocales y consonantes, y en la misma frase, ninguna palabra debe ser pronunciada más fuerte, bastando con decir que, en general, debe hablarse con voz clara y levantada.

Tanto en las descripciones de los aparatos, como en los esquemas posteriores, nos referimos a estaciones cuya potencia está comprendida entre 5 y 15 Kw.

Para potencias superiores, existen otros tipos de arco empleados prácticamente hasta potencias de 40 Kw., por encima de la cual es más conveniente emplear varios arcos acoplados, aunque parece se han construido arcos de 100 Kw. y que actualmente se trate en América de construir un potentísimo arco de 1.000 Kw., en cuyo caso la instalación va totalmente sumergida en aceite, para facilitar el enfriamiento.

Para potencias menores de 5 Kw., existen otros tipos de arco que, entre otras simplificaciones, llevan las de carecer de "relais" el manipulador (ejércese el soplado por un electro sencillo combinado con un anillo de hierro dulce) y tener electrodos verticales, estando el de cobre provisto de aletas longitudinales de enfriamiento, y siendo fijo el carbón. La alimentación de alcohol se hace automática, sin ningún medio mecánico, sino gracias a una hendidura longitudinal que tiene el electrodo de cobre, la cual comunica con el depósito alimentador; cuando el arco brota, la diferencia de presiones entre el depósito y la cámara produce una impulsión del alcohol en la cámara, que, al atravesar el electrodo de cobre caliente, sale ya volatilizado. Se construyen así estaciones sencillísimas de 1 y 2 Kw., con pesos menores de 15 kilos y muy propias para el uso de los ejércitos en marcha y estaciones de desembarco.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que en todas las naciones donde se ha desarrollado la Telegrafía sin hilos van instalándose estaciones de onda continua para la comunicación a grandes distancias (1), quedando relegadas las de chispa al servicio de las distancias medias y tráfico de barcos;

que en España se ha instalado ya por la Compañía "Marconi", en la estación radiotelegráfica de Aranjuez, un arco de 25 Kw. para la producción de onda continua, siendo de esperar que se monten disposiciones similares en las de Barcelona, Cádiz y Canarias, constituyendo así una línea a lo largo de la Península y posesiones de grandísimo valor práctico;

(1) Entre las más importantes, figuran las americanas de Arlington, San Diego, California y Cavite (Filipinas), con potencias en los terminales de la dínamo de 200 a 600 Kw., y las recientemente montadas en París (torre Eiffel), Lyon y la nueva de Burdeos, que tiene la enorme capacidad de 1.100 Kw. En Alemania y Dinamarca, funcionan ya desde algunos años gran número de estaciones de arco y alternador.

que, igualmente, se está generalizando la instalación en el Extranjero de estaciones de válvula generadora de onda continua en las escuadrillas militares aéreas, a fin de poder comunicar éstas con las establecidas en los aerodromos, pudiendo éstas, en combinación con los radiogronómetros y recepción por cuadros, servir para la práctica de la orientación cuando se opera en zonas desconocidas o brumosas:

el Ingeniero que suscribe propone a la deliberación del Congreso los votos siguientes:

1.º Sería de alta conveniencia nacional la instalación en Carabanchel (Madrid), por el ramo de Guerra, de una estación de arco o alternador "Goldschmidt", sin perjuicio de terminar la nueva de chispa de 60 Kw. actualmente en construcción, y el establecimiento de la onda continua en la estación de nueva planta que el ministerio de Marina va a instalar en Chamartín de la Rosa (Madrid), con lo que España seguiría la norma de todas las naciones que emplean hoy exclusivamente la onda continua para las grandes "redes o cadenas" que dan la vuelta al Mundo, uniendo entre sí los puntos más apartados de la Tierra.

2.º Procede igualmente establecer en España una red de pequeñas estaciones de válvula generadora de onda continua, situando éstas en los aerodromos militares y bases navales, y en algunas estaciones de la red radiotelegráfica militar actual.

3.º Tanto para favorecer el servicio internacional, como el nacional de Telegrafía sin hilos, convendría instalar el arco productor de onda continua en las estaciones civiles de Barcelona, Cádiz y Tenerife."

El Sr. ESCUDÉ (D. Manuel) da cuenta de su Memoria, cuyas conclusiones, así como las que dedujo el Sr. ROMERO ORTIZ (D. José) de la suya, fueron aprobadas por unanimidad y sin discusión. El contenido de ambas Memorias es el siguiente:

"LA NACIONALIZACION DEL COBRE ELECTROLITICO

Por D. Manuel Escudé y Molist, *Ingeniero industrial.*

COMUNICACIÓN

Al estallar la guerra

muchos problemas que permanecían latentes (y otros conceptuados inexistentes) planteáronse súbitamente con tal agudez, que requirió una actuación decisiva y enérgica de todos los Estados, incluso los neutrales, para afrontar las innumerables consecuencias que indefectiblemente debían de sobrevenir a raíz del rompimiento de hostilidades.

Nuestra nación, que desde el primer momento se mantuvo al margen de la contienda, fué quizá también la primera, entre las neutrales, que sufrió las consecuencias. Tributaria de las naciones extranjeras en la adquisición de materias y productos, al quedar limitados el comercio exterior y la navegación, empezaron a escasear en nuestro país elementos esenciales de producción, consumo y de transporte, con los consiguientes trastornos de nuestra vida económica: nos faltaron primeras materias para nuestras industrias, artículos y productos indispensables para la vida, incluso aquello que arrancamos de nuestro propio suelo nacional: nos faltó cobre.

Fué preciso que se planteara el conflicto para percatarnos de que todas aquellas aparentes facilidades del Comercio e Industria extranjeros no eran sino sólidas esposas que imposibilitaban nuestros brazos productores, poniéndonos en evidencia la triste situación de la Economía nacional y la ficción de nuestra independencia económica.

Para librar a nuestra patria del absurdo económico en que hasta hoy ha vivido, y dotarla de su completa soberanía económica, de la que es merecedora por sus riquezas naturales y privilegiada situación geográfica, hemos de ir en primer lugar a la

Nacionalización de la producción

en aquellas industrias que por derecho propio les corresponda ser españolas, intensificándolas cual corresponda a su importancia, llegándose así a la nivelación de nuestro comercio exterior, de conformidad con nuestros elementos de producción y de consumo, y acabando con las ficciones económicas producidas por monopolios ejercidos en nuestro propio suelo por Compañías y capitales extranjeros.

La nacionalización de las industrias, tal como nosotros la comprendemos, no ha de consistir precisamente en la administración o incautación de las mismas por parte del Estado. Los Poderes constituidos deben de ejercer tan sólo una tutela inteligente, evitando, de una parte, los negocios de especulación con las materias primas, y haciendo, de otra, que las industrias se desarrollen y completen armónicamente en todas sus fases y aplicaciones.

La protección del Estado

debe prestarse especialmente, y sin regateos, a las industrias genuinamente nacionales, a aquellas que por sus productos, primeras materias, medios de fabricación, mercado, o industrias derivadas a que dan lugar, pueden desarrollarse íntegramente en el País.

Esta acción del Poder público, que ha de responder a una cooperación del Capital e ir acompañada de una apta dirección técnica y moderna organización, debe limitarse en los períodos de organización y arraigo de las industrias, puesto que éstas, una vez desarrolladas, por su cualidad de nacionales, tendrán vida próspera e independiente, sin ser tributarias, bajo ningún concepto, de las extranjeras.

De entre las industrias que más merecedoras son de calificarse de nacionales, las del cobre electrolítico ocupan preeminente lugar; pues siendo España país productor de primera materia y poseedor de abundante energía hidráulica, es por demás evidente que, transcurrido el período crítico de implantación, son industrias destinadas a alcanzar en nuestra patria una importancia central.

La producción anual de este metal oscila alrededor de unas cuarenta mil toneladas, según los años. Durante el quinquenio de guerra, 1914-1915, la producción mundial, según datos publicados en el *Engineering and Mining Journal,* ha sido la siguiente, expresada en miles de toneladas:

Estados Unidos	3.572
Japón	354
Chile	319
México	243
Canadá	230
España y Portugal	208
Alemania	195
Australia	177
Perú	159
Rusia	98
Cuba	43
Bolivia	16
Países del Africa	181
Otros países	120

La producción nacional antes de la guerra, en 1913, fué, según datos de la Estadística de Minería, de 2.268.691 toneladas en el ramo de laboreo, y de 31.248 en el de beneficio.

El comercio exterior, durante el expresado período, fué, según la Estadística publicada por la Dirección general de Aduanas, como sigue:

	Toneladas.	Miles de pesetas.
Exportación:		
Mineral y mata	83.117	3.355
Metal beneficiado, cobre y cobre viejo	26.683	39.914
Manufacturas	3.420	5.619
TOTALES	113.220	48.888
Importación:		
Manufacturas	9.350	21.445
Maquinaria y aparatos eléctricos	10.850	36.940
Máquinas y aparatos de cobre	34,50	1.494

Las anteriores cifras son de por sí lo suficiente elocuentes para poner de manifiesto la importancia que para nuestra economía nacional entrañan las industrias del cobre. Basta considerar que las manufacturas importadas implican (considerando entre mineral y mata una riqueza de 4 por 100), 23.375 toneladas de mineral exportado, representativas de un valor de 935.000 pesetas, que, deducidas de las 21.445.000 de la importación, arrojan un saldo de 20.500.000 pesetas salidas de España por beneficio y manufactura de metal arrancado de nuestro propio suelo y consumido en nuestro propio mercado.

Las industrias del cobre

constituyen uno de los factores de mayor importancia en la producción nacional como auxiliar imprescindible de las industrias mecánicometalúrgicas y de la defensa nacional, toda vez que sus aleaciones y productos intervienen en proporción muy notable en la construcción de armamentos y municiones, maquinaria marítima y de locomoción terrestre, máquinas de vapor, eléctricas, motores de explosión, etc, etc., y en la fabricación de aparatos sanitarios.

El desarrollo de las industrias del cobre electrolítico favorecería el aprovechamiento de nuevos saltos de agua y la ampliación de los existentes, la electrificación de fábricas y talleres, y la creación de industrias electrometalúrgicas que sólo es posible establecer con energía eléctrica de coste reducido. De otra parte, el extenderse las mallas de transporte y distribución de energía traerá indefectiblemente la electrificación de ferrocarriles y construcción de nuevas líneas eléctricas, que determinarán una disminución de consumo de carbón, contribuyéndose así a la nivelación de la balanza comercial, en lo que a combustible se refiere.

El progreso de la Tecnología

de los metales ha dejado al margen multitud de prácticas rutinarias en la preparación de aleaciones, atendiéndose hoy a principios racionales y científicos basados en estudios químicos y metalográficos. Las aleaciones de cobre, conocidas ya en las épocas prehistóricas, han sido siempre muy variadas y complejas: preparábanse a base de metales corrientes producto de la Metalurgia rudimentaria de aquellos tiempos; pero, en la actualidad, la preparación de aleaciones es una verdadera síntesis que requiere un conocimiento preciso y exacto de la composición y propiedades de los metales que las integran, al objeto de que el producto resultante responda en un todo a las características fijadas de antemano, y de que sea posible obtener en todo tiempo y lugar aleaciones de idénticas propiedades, cual exige la industria moderna de los metales.

De lo expuesto se deduce que la obtención de las aleaciones modernas sólo es posible lograrlo con el empleo de metales puros, y las del cobre, con el empleo del cobre electrolítico.

Las manufacturas

de cobre electrolítico han alcanzado el máximum de importancia, determinando por sí solas la necesidad de una intensificación en su fabricación. El batido y laminaje de planchas, de usos tan diversos y variados, la trefilería del alambre y la fabricación de tubería, son industrias de alto interés y transcendencia. Considérese el número de toneladas de cobre electrolítico esparcidas por todo el territorio, constituyendo las líneas y mallas de transporte y distribución, y la no menor cantidad de hilo arrollado en los devanados de generadores, motores y transformadores, para venir en consecuencia de que las manufacturas de cobre electrolítico han de ser industrias eminentemente españolas.

Las corrientes sociales modernas

y los progresos de la Técnica van determinando cada día más la necesidad del establecimiento de la gran industria, si se quiere obtener una producción remuneradora en todos conceptos.

Las industrias del cobre y sus derivadas, dadas las particularidades de sus productos y los métodos de fabricación, exigen, como ninguna otra, la explotación en gran escala, precisándose fuertes capitales para la instalación de fábricas, "stock" de materia prima y productos, material en curso de fabricación, reservas para las eventualidades de la Bolsa de metales, etc., etc.

La competencia extranjera

iniciada ya a raíz de la firma del armisticio, y que cada día se acentúa más, obliga a las industrias del cobre a organizarse análogamente a las grandes Empresas norteamericanas, que, con capitales fantásticos, vienen explotando estas industrias desde hace años. Pero mientras

Nuestra economía nacional

en sus anómalas condiciones, haga posible que el cobre español cueste más caro en España que en Inglaterra, será temerario arriesgar grandes capitales y esfuerzos técnicos sin contar de fijo con una acción inteligente y colaboradora de los Poderes públicos que establezca las medidas necesarias para la protección de las industrias del cobre en su período de implantación.

La protección del Estado

debe ir encaminada, en primer lugar, a la adopción de medidas de carácter general destinadas a la protección de las industrias del cobre, gravando progresiva y enérgicamente los derechos de exportación de minerales y matas de cobre hasta conseguir que la cotización normal del lingote en nuestro mercado descienda en un *quantum* proporcionado al importe de los fletes desde España al Reino Unido, al propio tiempo que prohibir con carácter definitivo la exportación de cobre viejo.

Además de las anteriores medidas referentes a la exportación, deben dictarse otras que afecten a la importación, encaminadas a facilitar la entrada de cáscara de cobre y de las distintas clases de lingotes y torales no electrolíticos, llegando incluso a la supresión de los derechos de entrada, conservando empero los actuales sobre el cobre electrolítico.

Precisa también, para facilitar el desarrollo y ampliación de las industrias manufactureras del cobre electrolítico, elevar transitoriamente, y en la medida necesaria, los derechos de entrada sobre planchas, tubos, barra para trefilar e hilos conductores, hasta tanto que las respectivas industrias hayan podido tomar sólido arraigo en el País.

Para que todas estas medidas tengan una efectividad inmediata, es necesario emprender una radical

Reforma arancelaria.

Próxima a efectuarse la revisión, es actualmente momento oportuno de llamar la atención de la Junta de Aranceles y Valoraciones para que

adapte la nueva estructura a las necesidades de la Industria y Comercio nacionales, y adopte como valores oficiales cifras reales y no ficticias, como tantas de las que figuran en el Arancel vigente, tal como la de 238 pesetas los cien kilogramos para la tubería de cobre durante el año 1916, para citar una entre mil.

Es de imperiosa necesidad, para el desarrollo de estas industrias, la inclusión de nuevas partidas en el Arancel que hagan referencia al cobre electrolítico en lingotes y catodos, y a aumento por kilogramo sobre planchas, barras, tubos y alambre de calidad electrolítica. Por otra parte, no es justo que persistan englobadas en idénticas partidas las manufacturas de cobre, bronce y latón: en primer lugar, porque las dificultades de elaboración son muy distintas en cada una de ellas, y en segundo lugar, porque algunas de ellas son ya industrias antiguas en el País, aparte de la diferencia de precio entre unas y otras. El interés general de la Industria española reclama, por lo tanto, la adición de nuevas partidas que desgloben las manufacturas de cobre de las de sus aleaciones.

Puestas en vigor las anteriores medidas de carácter general, indudablemente se libraría al País del ominoso monopolio que en él ejercen las Compañías extranjeras poseedoras de la casi totalidad de nuestras minas de cobre en explotación, y dejaríamos de ofrecer a los ojos absortos del economista el caso absurdo antes apuntado de alimentar el mercado de Londres con lingotes de cobre, que en nuestro país alcanzan un precio mayor.

Al conjuro de las anteriores medidas, se implantarían en España nuevas fábricas e industrias, cada una de las cuales, con sus propias características y necesidades particulares, requerirá diferentes formas de protección, precisándose, por lo tanto, establecer medidas protectoras de carácter particular para cada industria, sin menoscabo, naturalmente, de sus congéneres, y con carácter transitorio hasta su definitiva estabilización.

La ley de Auxilio a las industrias

nos ofrece en su articulado actual, bajo todos los aspectos, campo suficiente a las necesidades apuntadas, y bastaría su simple aplicación con amplio espíritu, para lograr la total transformación de nuestra Industria, si los vicios de procedimiento clásicos en nuestro país no malograsen los buenos propósitos de los encargados de su implantación.

A la Comisión protectora de la Industria nacional incumbe, en virtud de dicha ley, el informar las demandas de auxilio y recursos contradictorios; pero su actuación es meramente informadora, y los ex-

pedientes favorablemente resueltos, después de una tramitación laboriosa, pasan al ministerio de Hacienda, para que decrete en definitiva. De esta suerte, la Comisión protectora viene a ser un engranaje más de la burocrática máquina española; y a no ser por el amor que ha puesto en esta obra alguno de sus más altos directores y la intervención directa y personal de dignos compañeros nuestros encargados de los trabajos técnicos de la misma—cuya labor da realmente la sensación de algo viviente, y por lo cual debemos felicitarnos—, su actuación, en los dos años que lleva de existencia, hubiera sido completamente estéril.

Se impone, pues, dotar a la Comisión protectora de la Producción nacional de otras atribuciones, dándole mayor elasticidad en su actuación, facultándola incluso como organismo técnico substraído a la modalidad política, para fallar en definitiva, sin perjuicio de los intereses creados que convenga respetar, pero con miras al beneficio de las generales conveniencias y del logro eficaz y definitivo de nuestra independencia económica.

Antes de la guerra

las especiales condiciones de trabajo y producción de las refinerías americanas permitían una cotización del lingote electrolítico muy cercana a la del "Best-select". Ello, unido a las anómalas condiciones de nuestra Economía nacional y tratarse de industrias completamente nuevas y sin experiencia, hizo que no se establecieran en España explotaciones industriales de la importancia que correspondía a sus condiciones naturales. Fué preciso que las exigencias de la Metalurgia del cobre y de sus aleaciones determinasen la instalación de la primera Empresa en gran escala del refino electrolítico del cobre destinado a la obtención de latones, establecida en Lugones, y propiedad de "La Industrial Asturiana", sociedad anónima.

Atenta a las necesidades de la Industria hispana, dolorosamente manifestadas a raíz del conflicto europeo, al conjuro de la ley de Auxilio a las industrias, y sin ninguna otra garantía de éxito que la confianza en la renovadora labor económica prometida por el Estado, se constituyó en Barcelona la sociedad anónima "Industrias de Cobre Electrolítico", con el primordial objeto de demostrar la posibilidad de establecer en nuestra patria, con elementos exclusivamente españoles, y con la perfección de las naciones más adelantadas, industrias en que hasta aquel día habíamos sido tributarios del Extranjero. En la actualidad, esta sociedad puede enorgullecerse de haber realizado la difícil demostración propuesta, puesta de manifiesto en su instalación de la Exposición anexa al presente Congreso.

La tubería sin soldadura

laminada y estirada, constituye hoy día la parte central de su fabricación, obteniéndola por un procedimiento exclusivo electrolíticomecánico, derivado de los antiguos métodos Elmore y Cowper-Coles, con una fase electrolítica y dos fases mecánicas. La serie normal de la fabricación comprende, en la actualidad, los diámetros comprendidos desde dos pulgadas hasta cuatro milímetros, en todos los espesores corrientes, aunque para casos especiales puede elaborar tubería de dimensiones cualesquiera.

Tratando esta Empresa de demostrar posibilidades de fabricación, ha obtenido hasta la fecha los siguientes artículos no producidos hasta ahora en España:

Tubos de cobre electrolítico, sin soldadura, laminados y estirados, corrientes y especiales para máquinas marinas, locomotoras, motores de automóvil y aeroplano, y clase especial de alta presión para prensas y compresores; guarniciones para empalmes de líneas de transporte de energía eléctrica de alta tensión; rodillos compresores para la industria papelera; cilindros de cobre para estampados; terminales de cobre electrolítico, para conexiones de cables eléctricos; plancha, de cobre electrolítico, para usos domésticos; cinta, pletina, barra y alambre de cobre electrolítico, para conductores y maquinaria.

Otras iniciativas

se han manifestado durante el período de guerra referentes a la producción de cobre electrolítico, limitadas, unas, a oficinas de beneficio anexas a fábricas de sulfato de cobre para la recuperación del metal, y otras, destinadas a la obtención de catodos para la preparación de bronces y latones, sin que tengamos noticia que ninguna de ellas haya lanzado productos al mercado, ni haya alcanzado su producción la importancia de las dos Empresas mencionadas. Mas todas estas iniciativas y entusiasmos de los elementos técnicos y productores serán malogrados y completamente estériles si el Poder público no acude inmediatamente en su apoyo para hacer frente al problema ya planteado de la

Post-guerra.

Exigiendo las industrias militares enormes cantidades de artículos de cobre, Norteamérica, cuya asombrosa elasticidad de potencia industrial es característica, amplió la producción de dichos materiales en

proporciones fantásticas. Al terminar la guerra, los "stocks" acumulados, perdida su natural salida, fueron vertidos al mercado libre, provocando una oscilación sin precedentes en la balanza comercial, e incoparable en modo alguno con la manifestada a raíz de la ruptura de hostilidades.

Cierto que la baja manifestada en las cotizaciones de Londres y New-York, más que al descenso del coste de producción, debe atribuirse a la falta de demandas; y si bien, según criterio unánime de técnicos especialistas, no tardará mucho tiempo sin que se manifieste una reacción ascensional, hemos de tener muy en cuenta que los productores ingleses y americanos tienen en su apoyo los recursos de los tutelares Estados respectivos, que, atentos a la transcendencia del momento actual, se han manifestado decididos a mejorar y conservar las posiciones ocupadas en los mercados extranjeros. Por otra parte,

El cambio actual

de la moneda española, si bien es un síntoma halagüeño del estado económico de nuestro país viene a agravar la situación de los productores españoles; pues los reducidos márgenes de la protección arancelaria quedan invertidos por la baja del franco y de la libra. Y en prueba de ello, véase la importación correspondiente al primer trimestre del año actual, comparada con la del mismo período del año pasado:

	1918		1919	
	Kilos.	Pesetas.	Kilos.	Pesetas.
Cobre de primera fusión, cobre, bronce y latón en torales y lingotes	34.217	40.718	217.000	258.230
Barras	1.073	2.167	43.053	86.697
Alambre	201.109	417.983	1.132.296	2.335.668
Plancha	3.367	6.566	271.610	529.640
Tubos	17.506	41.664	187.597	446.481
	257.272	509.098	1.851.556	3.656.716
Aumento sobre 1918			1.594.284	3.147.618

En esta situación

los productores españoles, que, contando con las contingencias de la guerra para estar a cubierto del *dumping* de las grandes potencias industriales, y estimulados por el llamamiento del Estado formulado en

la ley de Auxilio a las industrias, se lanzaron a la patriótica empresa de la reconquista industrial de nuestra patria, se encuentran ahora forzados a luchar con la débil arma de una industria naciente, contra la fuerza avasalladora de las grandes industrias de viejo abolengo de Inglaterra y los Estados Unidos.

La hora es decisiva

o el Estado, adoptando sus métodos a las palpitaciones de los tiempos nuevos, emprende una actuación inmediata lanzándose decididamente a garantizar la posibilidad del establecimiento de las grandes industrias del cobre, dictando desde luego las medidas que impone el interés general, prescindiendo de estudios dilatados, tramitaciones laboriosas y expedientes miriafoliados, o hemos de renunciar para siempre a lo que podría ser caudalosa fuente de riqueza patria. Dilema de tal gravedad para el progreso de España obliga a solucionarlo rápida y eficazmente, pasando por sobre intereses de partido y convencionalismos políticos en aras de nuestra independencia económica, cual corresponde a la verdadera obra de reconstitución nacional iniciada y propulsada por los Ingenieros civiles españoles.

CONCLUSIONES

PRIMERA. Las industrias de la producción de cobre electrolítico y derivadas deberían adquirir en España una importancia central, por las siguientes razones principales:

a) Por la excepcional riqueza de nuestro territorio en minerales cupríferos.

b) Por la importancia adquirida por los metales puros en la Metalurgia moderna, para la obtención de aleaciones de ley precisa.

c) Por el ancho campo que la considerable energía hidráulica del país ha abierto al desarrollo de las industrias eléctricas.

d) Por reclamarlo los vitales intereses de la defensa nacional.

SEGUNDA. El fomento y desarrollo de las industrias del cobre electrolítico, en nuestra patria, reclaman el inmediato establecimiento de medidas de carácter general para la protección de las industrias del cobre, tales como:

a) Supresión de los derechos de entrada de la cáscara de cobre y de lingotes y torales no electrolíticos, y conservación de los derechos de entrada sobre el cobre electrolítico.

b) Elevación progresiva y enérgica de los derechos de exportación

sobre minerales y matas de cobre, hasta conseguir que la cotización normal del lingote no electrolítico en el mercado español descienda en un *quantum* proporcionado al importe de los fletes desde España al Reino Unido.

c) Prohibición con carácter definitivo de la exportación del cobre viejo.

d) Elevación transitoria, y en la medida necesaria, de los derechos sobre planchas, tubos sin soldadura, barra electrolítica para trefilar e hilos de cobre para conductores eléctricos, hasta tanto que las respectivas industrias hayan tomado sólido arraigo en el País.

TERCERA. Para que las industrias de cobre electrolítico adquieran en nuestra nación la importancia que les corresponde, precisa una reforma arancelaria desglobando en partidas distintas las manufacturas de cobre de las de sus aleaciones, y adición de nuevas partidas que protejan por un igual la primera materia y los fabricados.

CUARTA. Próxima la revisión de los Tratados comerciales y tarifas arancelarias, de que depende la posibilidad de reconquistar la independencia industrial de España, en lo que a las industrias del cobre se refiere, se impone ampliar las facultades de la Comisión protectora de la Industria nacional, o la creación de un nuevo organismo, para que las reformas aprobadas por este Congreso Nacional de Ingeniería puedan adquirir inmediata efectividad legal.

QUINTA. Terminada la guerra e iniciada la lucha comercial por vías de violencia hasta ahora ignoradas, las industrias que en los primeros momentos no tomen posiciones de vanguardia, lanzándose a la gran producción y cerrando el paso a la concurrencia extranjera, están condenadas a desaparecer en un futuro inmediato. El supremo interés de esta hora única exige una actuación sin demora."

"CONVENIENCIA DE ENSAYAR LA ELECTROSIDERURGIA EN ESPAÑA"

Por D. JOSÉ ROMERO ORTIZ, *Ingeniero de Minas.*

Señores Congresistas:

El Instituto de Ingenieros Civiles, respondiendo a su elevada misión de excitar al estudio de cuantos problemas industriales pueden interesar a nuestra patria, abrió un concurso, correspondiente al turno de la Asociación de Ingenieros de Minas, cuyo tema decía: "Necesidad o

conveniencia, al menos, de ensayar la Electrosiderurgia en España. Proceso que debe seguir este ensayo y modo de desarrollar aquél desde los puntos de vista técnico, industrial y económico. Designación justificada de la región o regiones más apropiadas para este objeto." Fué para mí interesante el tema, y acudí al concurso, presentando una Memoria que, por benevolencia más que por méritos, tuvo el honor de ser premiada.

Tanto por hallarse en prensa actualmente, como por su dilatada extensión, que no encuadraría bien en el marco de este Congreso, no me he decidido presentarla a vuestra alta consideración y censura; pero no por eso he de dejar de someter a vuestro elevado juicio una síntesis de lo en ella tratado, no por su parte técnica, que, como mía, es ramplona y pobre, sino por un interés que es mancomunado de todos los Ingenieros españoles, y del que todos por igual participamos; esto es, por los beneficios que a España pudiera reportar la implantación de una nueva industria que hoy nos hace tributarios del Extranjero.

Todos sabéis mejor que yo el lastimoso estado de nuestra industria siderúrgica, inconcebible en un país que tiene abundantes y ricos yacimientos de hierro y que, ciego ante los más elementales principios de economía nacional, se limita, por así decirlo, a exportar sus minerales para luego importar los objetos fabricados.

No es mi deseo abrumaros con cifras y datos estadísticos; pero ya que los números son la elocuencia de mi menguada dialéctica, habréis de perdonarme su parco empleo. Refiriéndome siempre a fechas anteriores a la guerra, ya que ésta ha sido la apertura de un paréntesis que comprende el mayor desequilibrio, y cuyo cierre, por desgracia, está lejano, consignaré que, en 1913, produjeron nuestras minas de hierro unos 10 millones de toneladas, en números redondos, de las que escasamente se beneficiaron un millón. En 1914, de unos 7 millones de mineral extraído, se trataron unas 850.000 toneladas; de aquí que, como término medio, puede aceptarse que solamente beneficiamos un 10 por 100 de los minerales arrancados. En cambio, solamente desde Vizcaya se exportaban a Alemania millón y medio de toneladas, y por éste y otros puertos salían con rumbo a otros países tonelajes importantísimos, que eran y serán otras tantas sangrías sueltas inferidas a nuestra Economía nacional.

Basta lo enunciado para sentir hondamente que es preciso, absolutamente preciso, a mi entender, que salgamos de este estado de sopor en que voluntariamente nos hallamos sumidos.

Al llegar a este punto, me falta autoridad para declarar que la Electrosiderurgia pueda ser el revulsivo que en este orden de ideas nos devuelva a la realidad; pero, obedeciendo a los mandatos de una íntima

convicción, creo que debemos iniciarnos en ella, ensayarla, luchar con las muchas y variadas dificultades que presenta hasta adaptarla a las necesidades de nuestras minas de hierro y de nuestros carbones nacionales; hacer *algo*, en fin, que no sea seguir la pauta trazada en la historia de nuestra Siderurgia para todos los ensayos que significan progreso y que, por tanto, vienen a romper moldes antiguos.

Recordad que la primera potente Bessemer data del año 1855, y que, aun cuando el procedimiento fué acogido con reservas por la mayor parte de los metalurgistas, Inglaterra se decidió a realizar los primeros ensayos, que, como se presumía, no dieron satisfactorios resultados. Siguió Suecia luchando para corregir las deficiencias, y nuevos experimentos realizados en Inglaterra en el arsenal de Wolwich acabaron de asegurar el procedimiento, que desde 1862 fué generalizado en Europa y América. En España no se implantó hasta 1885, o sea, veintitrés años después de estar perfectamente conocido. Otro tanto ha ocurrido con el pudelado mecánico y con todos los perfeccionamientos siderúrgicos; por lo que no es de extrañar que lo propio suceda con el alto horno eléctrico, que ya cuenta con doce años de ensayos y experiencias en Suecia y veintiuno en Italia, sin que nosotros nos hayamos preocupado de ensayarle, no obstante lo intensificada que está nuestra explotación minera del hierro.

¿A quién culpar de esta incuria? Mirando la cuestión superficialmente, a nuestra industria siderúrgica; pero, a poco que profundicemos en nuestra observación, veremos que, a nuestro enteder, se halla exenta de responsabilidad. En efecto: todos estos ensayos y experiencias, tanto por las circunstancias especialísimas que requieren, como por su carácter altamente aleatorio, imponen sacrificios que no es posible exigir a la industria privada, la cual los acepta únicamente cuando los procedimientos han sido suficientemente sancionados por la experiencia ajena, para quedar a cubierto de contrariedades y, tal vez, fracasos—pues no hemos de asustarnos del uso de este vocablo—, con las consiguientes pérdidas económicas, difíciles de enjugar a expensas de una fabricación normal y con la ruda competencia que se avecina.

¿Culparemos al Capital de nuestro abandono? No seré yo tan irreverente con tan poderoso señor que le acumule responsabilidades por actos que están fuera de su papel. Hartos menesteres le ocupan y en hondas preocupaciones se halla sumido para que pueda ejercer misiones que no suelen redundar en provecho propio. Dejémosle dedicado a la persecución de la moneda extranjera—ya que ha conseguido la nuestra—, con la legítima satisfacción del que compra cuatro por dos, y a la captura de acaparamientos con la obstinada perseverancia del que

vende dos por cuatro. La filantropía es un tesoro del alma; pero el alma no suele tener dinero.

La responsabilidad de nuestra incuria en materia siderúrgica, como en tantas otras materias, no puede vincularse, ciertamente, en un elemento determinado. La tiene el Estado, la tienen nuestros sistemas políticos, la tenemos todos. Pero no por eso hemos de dormitar en el *statu quo* con la desagradable compañía de nuestro negro pesimismo.

Todos estos ensayos de altos vuelos de la Ciencia son tan atrayentes como de penosa realización, y, en particular, el de la obtención de arrabio en el horno eléctrico, que requiere tan especiales condiciones en los factores que le integran, energía eléctrica, minerales y carbones, que, aun tratando de acoplar los hornos ensayados en el Extranjero a nuestros propios experimentos, puede tenerse como cosa segura la necesidad de modificar el perfil del horno elegido y hasta derribarlo varias veces hasta conseguir su trabajo con nuestros propios elementos. Esto me induce a pensar que nadie mejor que el Estado, cumpliendo una de sus misiones tutelares de enseñanza industrial, es el llamado a realizar tales experiencias. Y esta era la tesis industrial que desarrollé, seguramente con más cariño que acierto, en mi Memoria premiada.

España, ¿es país propicio a los ensayos?

Veamos las garantías de acierto que pueden acompañar a los ensayos, para juzgar, en su vista, de si nuestro país es propicio a la obtención eléctrica del hierro fundido.

Tenéis olvidado de puro sabido que las características esenciales de un horno eléctrico para arrabio son las siguientes:

1.ª Requiere menas de buena calidad.

2.ª El consumo de energía eléctrica es muy elevado, dependiendo, como es natural, de la composición química de las menas tratadas y del estado de división en que éstas se hallen.

3.ª Con el horno eléctrico se obtiene una economía en el carbón que puede estipularse, como término medio, en un 70 por 100, toda vez que no se utiliza más que como reductor y carburador.

Como el proceso seguido en el horno eléctrico no es esencialmente distinto del que tiene lugar en el alto horno ordinario, sino que únicamente varía el modo de obtener la alta temperatura necesaria, la simple enunciación de las características precitadas revela cuáles han de ser las condiciones favorables para el establecimiento de un alto horno eléctrico. Estará indicada su instalación en aquellos países que dispongan de minerales de buena calidad y en los que, a la vez, pueda obtenerse a bajo precio la energía eléctrica, siendo todavía un factor pro-

picio el que el carbón sea caro, para beneficiarse de la economía de combustible que lleva consigo el procedimiento.

Suecia, Noruega y Canadá se hallan en el caso anterior; no lejos de él se encuentran Italia y Rusia. Francia, tal vez, se halle más distanciada, y Alemania, en condiciones muy desfavorables. Para ver la situación de España, la compararemos con Suecia y Alemania, que, en este sentido, son el primero y último término de una serie, dentro de la Electrosiderurgia.

a) Nuestras menas no son tan ricas ni tan puras como las suecas, pero están mucho más próximas a ellas que a las alemanas. Su ley en hierro oscila entre 42 y 55 por 100, y como término medio puede aceptarse un 49 ó 50 por 100.

b) Podemos disponer de energía eléctrica a bajo precio con el aprovechamiento de numerosos saltos de agua que no han sido todavía explotados, o con grandes centrales térmicas montadas en nuestras cuencas carboníferas, por cuya razón también podemos equipararnos a Suecia.

c) El precio del coque en España ha sido siempre el mismo, puede decirse, que en Suecia y casi el doble que en Alemania.

Las tres condiciones antedichas demuestran que España no es tan propicia como Suecia para el ensayo del alto horno eléctrico.

Una dificultad que no es para dejada en el tintero es que, tanto en Suecia, como en Noruega, se han tropezado con serios inconvenientes para una marcha industrial de los hornos con coque, y ha sido preciso apelar al carbón de madera; pero se ha trabajado incensantemente para corregir esta deficiencia. Por otra parte, aunque no consiguiésemos modificar el perfil del horno para lograr la marcha industrial con coque y tuviésemos que apelar al carbón de madera, parece lógico suponer que si hoy, en España, se obtiene lingote al carbón vegetal, que tiene un sobreprecio con relación al obtenido al coque, con mayor razón podrá sufragar este sobreprecio el lingote eléctrico, en cuya obtención se economiza un 70 por 100 de carbón, como hemos dicho anteriormente. De todos modos, es natural que ensayásemos en primer término la marcha al coque.

Paso por alto, en gracia a la brevedad, un estudio comparativo de los precios de fabricación del lingote en Suecia y de los que a primera vista podrían admitirse en nuestro país, que viene en apoyo de la posibilidad de obtener el arrabio en condiciones económicas. Con un precio de 17 pesetas para la tonelada de mineral de hierro, 30 pesetas para la de coque, 5 pesetas para la de castina y un céntimo para el kilovatio-hora de energía eléctrica consumida, incluyendo todos los gastos de conservación, gastos generales, intereses y amortización, de oficina y

administración, jornales y derechos de patente, etcétera, se llega a un costo de unas 87 pesetas para la tonelada de lingote eléctrico. Si la energía eléctrica no pudiese producirse a menos de céntimo y medio el kilovatio-hora, el costo de la tonelada de arrabio sería de 98 pesetas en números enteros.

Citadas estas cifras, creo prudente formular algunas observaciones. Dichos precios de las primeras materias eran los corrientes de *compra* y no los de *costo* antes de la guerra, sin que tengamos que preocuparnos de la elevación que han experimentado, porque sabido es que todos los aumentos de precios de las materias primas se hallan con creces incluídos en los de venta de los objetos fabricados. Los beneficios obtenidos por nuestra industria durante la guerra acreditan la veracidad del aserto.

El único precio que de primera intención no deja satisfecho al espíritu es el de la energía eléctrica; pero, a este respecto, bastará recordar que, en nuestro propio país, una importante Empresa productora tenía contratado un suministro de consideración a otra consumidora, a céntimo el kilovatio-hora. En el estado actual de la Electrotecnia no es extraño que así suceda; pues tratándose de una central que ha de producir millones de kilovatios-hora al año, pueden emplearse grandes grupos, de elevado rendimiento, que permiten obtener la unidad de energía a un precio sumamente reducido.

Se concibe asimismo la posibilidad de que los precios señalados para las primeras materias sufriesen una considerable reducción. Bastaría para ello que la fábrica siderúrgica explotase directamente minas de hierro y de carbón que hoy se hallen inactivas por múltiples y variadas razones: falta de medios de comunicación, insuficiencia de capital, esperanza de agio en sus concesionarios, etc., etc.

De todos modos, se advierte que no es fácil llegar a los precios de producción del lingote ordinario; pero es de suponer que el eléctrico podría recibir un sobreprecio en atención a su mejor calidad, como siempre lo han recibido los hierros procedentes de Suecia en el mercado mundial.

Proceso para ensayar en España el alto horno eléctrico.

¿Por qué España, hallándose en tan privilegiadas condiciones, por espléndida donación de la Naturaleza, no ha de tener una fábrica de la importancia de Krupp, Creusot, Ansaldo, Vickers, etcétera?

Quizá nuestra idolatría del Extranjero nos mueve a pensar que estos establecimientos, a semejanza de las imágenes, son más venerados teniéndolos fuera que dentro de casa, y que nuestra pequeñez nos im-

pide salir de la oración y del tributo. Se dice que nuestra nación "no es industrial", sin tener en cuenta que contamos con toda suerte de materias primas, y que, por tanto, estamos en excelentes condiciones para transformarlas, y que, por otra parte, no hace falta tenerlas para ser industrial, como evidentemente lo demuestra el caso de Suiza, que, sin contar en su subsuelo ni hierro ni carbón, fabrica máquinas que compiten con las alemanas, inglesas, francesas y con las restantes naciones del Globo. Además, tengamos presente que esas egregias fábricas citadas, inaccesibles para nosotros, se llevan anualmente de nuestro país 9.000.000 de toneladas de mineral de hierro, que no pueden procurarse en los suyos respectivos.

Ninguna razón fundamental y seria se opone a que España desarrolle un amplio plan siderúrgico, llegando a colocarse en condiciones de competencia industrial con las restantes naciones, después de haber satisfecho las necesidades de su mercado interior. Pero como estas manifestaciones de la actividad industrial no se improvisan y requieren un largo período de gestación, démonos prisa a depositar el germen, ya que ahora estamos en favorable período de fecundidad.

El Estado posee fábricas para construir material de guerra, teniendo que recurrir al Extranjero para surtirse de hierros de calidades especiales, abonando por ellos altos precios. Cuenta con excelentes minerales de hierro que nuestras minas encierran, y ha conseguido intensificar la producción de combustibles en términos satisfactorios; su suelo es rico en aportaciones hidroeléctricas, y dispone de Ingenieros de todas las especialidades dispuestos al estudio y al trabajo. En estas condiciones, ¿debería establecer una "Fundición Nacional" para surtir a sus fábricas de los hierros y aceros especiales que necesitan y para nivelar el consumo interior, acudiendo con la producción sobrante a la exportación? A nuestro juicio, la contestación debe ser afirmativa, y nadie mejor que ese establecimiento podría encargarse de los ensayos del horno eléctrico para arrabio.

Desechemos de una vez el antiguo y manido tópico de que "el Estado no puede ser industrial", ya que las corrientes modernas, y especialmente la guerra pasada, demuestran precisamente todo lo contrario. El Estado puede y debe ser industrial siempre que se extirpen los vicios que le impiden serlo. Con dar a su empresa la organización de las sociedades privadas, concediendo al personal toda clase de atribuciones y exigiéndole al propio todo género de estrechas responsabilidades, se tiene la fórmula para industrializar a un Estado. No hace falta que en apoyo de esta opinión cite industrias de los Estados francés, alemán, etcétera, e incluso del nuestro, en alguna manifestación, ya que están en la mente de todos los señores Congresistas.

El capital necesario para la fundación de dicho establecimiento siderúrgico no necesitaría ser muy cuantioso, y, además, podría desembolsarse escalonadamente en varias anualidades. Para iniciar la fabricación bastaría con el necesario para construir un alto horno eléctrico para realizar con él toda clase de experiencias que habrían de servir de punto de partida para la ampliación de la fábrica. También habría de incluirse en el primer presupuesto un horno eléctrico para acero.

Queda por considerar si la energía eléctrica para las pruebas habría de producirse en una central propia o si, por el contrario, convendría adquirirla de una central ya establecida. Las Empresas eléctricas han ido contratando paulatinamente su producción y elevando el precio en la misma forma; de aquí que, como se trata de un suministro de importancia, que estaría asegurado por la fabricación de acero, aunque el alto horno no diese resultado, sería conveniente contar con el concurso de una central propia, bien hidráulica, como sería de desear, o bien térmica, estableciéndola en una cuenca carbonífera adecuada. Si el alto horno eléctrico diese positivos resultados—lo más probable—, nos encontraríamos con la central fácilmente ampliable, construyéndola previsoramente en esta forma, y de manera que pudiera corresponder a la ampliación de la Fundición. Además, como es lógico que los ensayos deberían realizarse *in situ*, esto es, en el lugar en que posteriormente habría de establecerse la fábrica definitiva, el estudio de la central tendría que preceder a todo otro para asegurarnos de que podríamos contar con la energía necesaria.

Examinemos el caso opuesto; esto es, que los ensayos diesen un resultado negativo. La energía de la central la invertiríamos en la fabricación de acero eléctrico, produciendo el lingote en altos hornos ordinarios. En último término, puede decirse que, aun en las condiciones más desfavorables, el capital invertido en una central como la que nos ocupa, establecida sobre la base de producir el kilovatio-hora a un precio sumamente reducido, no sería nunca capital perdido, pues, por desgracia, son muchas las regiones españolas que se hallan necesitadas de energía eléctrica a precios moderados, y podríamos tener la producción vendida. En Alemania, sabido es que es muy frecuente la explotación de centrales importantes por el Estado y por los Municipios. Obsérvese que el último caso considerado supone que la fabricación de acero eléctrico no diese resultado, cosa a todas luces absurda en los tiempos actuales.

Tal es, en síntesis, aparte de las catalogación de los hornos para arrabio y para acero universalmente conocidos, acompañada del indis-

pensable juicio crítico de los mismos en opinión de renombrados siderurgistas, y de algunas consideraciones acerca de la obtención de las aleaciones ferrosas, cuya fabricación debe también merecer nuestra atención, y de las regiones españolas más adecuadas para las pruebas, el contenido de mi programa de ensayos de la Electrosiderurgia en España, que puede concretarse todavía en las siguientes conclusiones, que tengo el honor de elevar al Congreso Nacional de Ingeniería:

CONCLUSIONES

PRIMERA. Siendo España un país rico en hulla blanca y en minerales de hierro, con carbones de inferioridad con relación a otras naciones, tanto en calidad como en cantidad, aunque adecuados para la producción de energía eléctrica en grandes centrales, creemos que se halla en favorables condiciones para realizar ensayos de Electrosiderurgia, tanto para abrir nuevos horizontes a la Industria nacional, como para librarnos de la extranjera en una rama de tanto interés, que afecta a la defensa de la Patria; pues es preciso que, contando con nuestros propios elementos, elaboremos todos los hierros y aceros que necesiten nuestros astilleros y arsenales, así como la fabricación de máquinas de todas clases, para poder desenvolvernos en una esfera independiente y libre de acciones exteriores.

SEGUNDA. No existiendo ningún medio razonable y económico para abligar a la Industria privada a que ensaye procedimientos de la índole del que nos ocupa, debe el Estado tomar la iniciativa, y con mayor razón en el caso de la Electrosiderurgia, en que a la función tutelar va unida la conveniencia, por los ingresos que pudiera reportarle una "Fundición Nacional" establecida en favorables condiciones económicas.

TERCERA. Debe nombrarse un Comité de Ingenieros, más especializados en la materia que el que tiene el honor de presentaros esta comunicación, para que proceda al estudio del correspondiente proyecto y a la redacción del presupuesto, que no sería muy cuantioso, para realizar los ensayos, reduciendo al mínimo los gastos de primer establecimiento.

CUARTA. Si dichos ensayos fuesen favorables, se ampliaría la fábrica hasta convertirla en una "Fundición Nacional", dotada de todos los perfeccionamientos y adelantos.

QUINTA. Debemos tener presente que, fomentando la Siderurgia, damos prosperidad a las restantes manifestaciones del trabajo humano;

pues no olvidemos que si nuestra Industria nacional se nos presenta actualmente como un hermoso campo casi virgen de cultivo, lo primero que necesitamos fabricar es la reja para el arado."

Acto seguido, el Sr. PRESIDENTE levantó la sesión. Eran las doce y veinte de la mañana.

pues no olvidemos que si nuestra Industria nacional se nos presenta actualmente como un hermoso campo casi virgen de cultivo, lo primero que necesitamos fabricar es la reja para el arado."

Acto seguido, el Sr. PRESIDENTE levantó la sesión. Eran las doce y veinte de la mañana.

ACTA DE LA SESION DEL DIA 24 DE NOVIEMBRE DE 1919

Se abre la sesión a las diez y cuarenta y cinco de la mañana.

Comenzó ésta dándose lectura al extracto de la comunicación de Mr. Richard B. Cross, de la cual quedó enterada la Sección, sin que hubiera lugar a conclusiones que elevar, puesto que el trabajo era sólo para dar conocimiento a la Sección y divulgar lo referente al empleo del aluminio en los conductores eléctricos. Se resume en la forma siguiente:

"CONDUCTORES ELECTRICOS DE ALUMINIO

Por Mr. Richard B. Cross.

CONCLUSIONES

Primera. La experiencia obtenida con el uso del aluminio para líneas de transmisión de alta y baja tensión durante el período de diez años en varias partes de Norteamérica, ha probado que el aluminio posee cualidades que le favorecen para instalaciones al aire libre. Brevemente, estas características son como siguen:

a) Su peso reducido para una conductibilidad dada.

b) Su resistencia a las influencias corrosivas de ciertos gases que se aglomeran cerca de los centros de fabricación.

c) Su aptitud de transmitir energía a alta tensión antes que ocurra corona, debido al inherente mayor diámetro.

Segunda. Al mismo tiempo, se ha probado que el aluminio poseía ciertos defectos, los cuales deben ser vencidos como sea posible.

Estos son:

a) Su ductibilidad, tendiendo a veces al desgaste excesivo en los aisladores.

b) La dificultad de encontrar una soldadura satisfactoria para el aluminio.

c) La relativa baja resistencia y límite elástico, haciendo la erección de tramos largos impráctica.

La primera desventaja fué fácilmente suprimida por el invento de un tipo de tirante, el cual se aplica con rapidez, y al mismo tiempo con la protección necesaria. La falta de una soldadura a propósito fué solucionada con la fabricación de junturas y conexiones mecánicas adecuadas.

Tercera. La falta más seria, que es la falta de resistencia mecánica, fué vencida hace unos diez años con la fabricación del cable de aluminio, reforzado de acero. Según la proporción del acero, tales cables reducen el peso del material de transmisión por 30-40 por 100. Este cable se halla en condiciones de conductibilidad, pero ligero y goza la propiedad de resistir la corrosión del aluminio con la resistencia y elasticidad propias del acero.

Cuarta. Puede ser demostrado matemáticamente que las mismas fórmulas pueden ser usadas al calcular las flechas y tensiones en cable de aluminio reforzado de acero, como se usan comúnmente para el cobre y aluminio. Solamente es necesario saber los valores virtuales para el módulo de elasticidad, límite elástico, coeficiente de expansión, etcétera.

Quinta. Las experiencias en los últimos diez años, bajo toda clase de condiciones y climas, han probado ampliamente y de manera práctica que el cable de aluminio reforzado de acero satisface todos los requisitos de un conductor para transmisión para altos y bajos voltajes, y no solamente cumple esto a un coste relativamente bajo de instalación, sino que asegura para el sistema un factor mayor de seguridad, menor coste de operación, desaparición de pérdidas de corona y una vida relativamente larga."

El Sr. MOLINA, por "La Transformadora de Electricidad", leyó asimismo su trabajo, que sólo tenía por finalidad mostrar los progresos alcanzados en la construcción de maquinaria eléctrica, y del que también dióse por enterada la Sección después de escuchar su lectura con agrado. Las conclusiones en que se extracta son:

"PROGRESO EN LA CONSTRUCCION DE MAQUINARIA ELECTRICA

Por D. Juan J. Molina.

CONCLUSIONES

Primera. Que en España se pueden construir en condiciones de economía y rendimiento toda clase de transformadores.

Segunda. Que con la chapa española que actualmente se fabrica no es conveniente emplear una inducción mayor de 7.000 gramos.

Tercera. La tensión por bobina en los arrollamientos de alta no debe exceder de 500 voltios.

Cuarta. Es necesario desechar, en los transformadores en baño de aceite, todo barniz que no sea la goma laca, y en todos los casos debe ponerse como material aislador preponderante la micanita.

Quinta. Se puede fácilmente, con un gasto relativo pequeño, construir motores trifásicos de pequeña potencia hasta 5 HP.

Sexta. Para la construcción en serie debe hacerse una selección de máquinas necesarias, dado el número de las que quieran construirse.

Séptima. Para el mejor aprovechamiento de la chapa de hierro es conveniente emprender la construcción simultánea de tipos sucesivos.

Octava. Debe reducirse lo más posible la resistencia oblicua del rotor en los motores en corto circuito.

Novena. Nuestros acumuladores transportables tienen un peso mínimo para una misma capacidad.

Décima. Claro está que cuanto más pares de placas se pongan en un elemento, mayor es su capacidad; pero no es conveniente reducir demasiado el espesor de ellas por disminuir considerablemente la duración del acumulador."

A continuación disertó el Sr. PEREZ DEL PULGAR (D. José Agustín) acerca de un método para proyectar la electrificación de una línea férrea, interviniendo también el Sr. VALENTI (D. José) al terminar su conferencia aquel señor.

El Sr. SECRETARIO leyó la proposición del Sr. Elías (D. Pedro), que fué desechada, y que se refería a la necesidad de una nomenclatura técnica oficial, toda vez que en ésta lo que pudiera ser objeto de la Sección 6.ª está regulado por acuerdos de carácter internacional.

Se ponen a discusión, y se aprueban por unanimidad, las conclusiones del Sr. Espinosa de los Monteros, que fueron presentadas en la pri-

mera sesión, en vista de la concordancia entre ellas y las de los demás trabajos referentes a Radiotelegrafía y Radiotelefonía.

El Sr. PRESIDENTE dió cuenta de la contestación que procedía dar a la Sección 12.ª sobre el "Plan de Reconstitución Nacional"; y hechas algunas modificaciones por el Sr. MAYORAL, las cuales fueron admitidas, quedó aprobada en la forma en que a la Sección 12.ª y a la Secretaría general se han elevado.

También se acuerda conceder un voto de confianza a la Junta directiva del Congreso para que ésta señale la fecha y lugar del próximo Congreso; y con otro voto de gracias por su actuación a la Mesa de esta Sección, que fué propuesto por el Sr. Rodrígpez (D. Manuel), y aprobóse por unanimidad, se dieron por terminadas las sesiones, levantándose ésta a los doce y treinta de la mañana.

SECCION 6.ª

CONCLUSIONES APROBADAS

PREVIA MODIFICACIÓN

PRIMERA

"Estudios sobre Electrometalurgia."

Que debida a la gran importancia e imprescindible necesidad de estudiar y dar a conocer a fondo la Electrometalurgia, y a la vez adoptar e implantar los hornos eléctricos en nuestras fundiciones y talleres, se recomiende para el próximo Congreso de Ingeniería la creación de una Sección que lleve dicho título: "Electrometalurgia".

SEGUNDA

"Transporte y tracción eléctricas."

a) Es preciso estudiar una escala de tensiones para el transporte de la energía eléctrica.

b) Es necesario estudiar asimismo el medio de evitar las competencias ruinosas en las industrias hidroeléctricas.

c) Deberá ser objeto de un meditado estudio el sistema más conveniente de tracción eléctrica, para que, al ser adoptado, quede como obligatorio en la generalidad de los casos de electrificación.

TERCERA

"Radiotelegrafía."

Es de la mayor importancia el nombramiento por el Gobierno de una Ponencia que propusiera las soluciones más prácticas y acertadas sobre las cuestiones siguientes:

a) Instalación en el centro de la Península de una estación de Telegrafía sin hilos de gran potencia, capaz de comunicar en todo tiempo con la América latina.

b) Instalación, en nuestras posesiones del golfo de Guinea, en Canarias, en Baleares y en el Protectorado de Marruecos, de estaciones radiotelegráficas necesarias para corresponder en todo tiempo con la central de la Península, aprovechando desde luego el material útil actualmente existente.

c) Instalación, en los centros importantes de la Nación, de estaciones radiotelegráficas y radiotelefónicas, de poca potencia, capaces de establecer la comunicación entre ellas.

d) Instalación de los radiogoniómetros necesarios para poder marcar la situación de las naves que lo deseen o cuya posición interese al Gobierno; instalación de radiofaros útiles a la navegación marítima y aérea, y de estaciones que suministren datos meteorológicos, horarios, etcétera, y determinación de las tasas a percibir por dichos servicios, con objeto de que no resulten onerosos para el Estado.

e) Facilitar la instalación de radioestaciones por Empresas particulares para su uso exclusivo, señalando condiciones que hayan de reunir, tales como orientación de sus antenas, empleo de ondas continuas puras en la transmisión, longitudes de ondas que hayan de emplear para no causar perturbaciones en las demás recepciones, etcétera.

f) Fijar las condiciones que hayan de llenar todas las nuevas instalaciones que se monten en España; y

g) Crear un centro con abundante material y con el personal indispensable para seguir los progresos de la Telegrafía sin hilos e ir, en lo posible, a la cabeza de ellos.

Este centro pudiera radicar en la estación de gran potencia y encargarse además de dar instrucción gratuita a cuantos la solicitaran. Cabría difundir esa instrucción haciendo compatibles las horas de práctica y enseñanza con las de los talleres de la localidad. Podría crearse así un núcleo de personal competente, que, a cambio de recibir instrucción gratuita, quedara obligado, durante un número de años prudencial, a prestar servicio cuando el Gobierno lo necesitase urgentemente y pre-

via la remuneración adecuada. Trocaríase con ello, de una vez para siempre y en beneficio de la Nación, la decantada fórmula de "respetar derechos adquiridos" (asidero de todo funcionario del Estado) por la de "respetar obligaciones contraídas", que, de llegar a ponerse de moda como la anterior, llevaría a nuestra patria al esplendor que merece y que de corazón le desea todo español.

Finalmente, debería la referida Ponencia preparar el terreno para exponer el deseo y la conveniencia de España en materia de Telegrafía sin hilos en la próxima Conferencia internacional. Seguramente se tratarán en ésta asuntos de tanto interés y tanta importancia como los siguientes:

A) Substitución de la mayoría de las actuales estaciones de Telegrafía sin hilos por otras de onda continua pura (alternadores de alta frecuencia y válvulas de vacío).

B) Diversas gamas de longitud de onda reservadas a los distintos servicios de navegación, aviación, señales meteorológicas, horarios, etcétera.

C) Longitudes de ondas reservadas a cada nación para usos de sus estaciones de servicio interior, radiofaros, etc., etc.

D) Patrones para contrastar los ondámetros de las distintas estaciones, y unificación de estos patrones en todas las naciones.

E) Verificación de la longitud de onda de los diversos servicios por personal competente, que tuviera además la obligación de fiscalizar el cumplimiento por todas las estaciones de lo dispuesto en Convenios internacionales y en preceptos nacionales, sobre longitud de onda, emisión de señales, llamadas reglamentarias, etc., etc.

F) Penalidades que se hayan de imponer a las estaciones que no se atengan a las disposiciones vigentes.

NOTA

Contestación al cuestionario remitido a la Sección 6.ª del Congreso de ingeniería (Electrotecnia) por el señor Presidente de la Sección 12.ª sobre puntos relacionados con la «Reconstitución Nacional de España».

PRIMER PUNTO.—*Modificaciones en la legislación sobre concesiones de fuerzas hidráulicas.*

Cree la Sección 6.ª de necesidad la formación de una verdadera estadística de la energía hidráulica en España, y el estudio consiguiente, metódicamente hecho o por regiones, de la regularización de los cursos de agua más importantes de la misma. Debiera ser ejecutado este trabajo por Comisiones mixtas de Ingenieros de los Cuerpos más directamente relacionados con este problema, las cuales estarían obligadas a presentar, al fin de cada año, el resultado de sus trabajos, sobre los que había de informar necesariamente la "Comisión Permanente de Electricidad".

Entiende asimismo que una de las principales modificaciones que en la legislación sobre concesiones de fuerzas hidráulicas conviene hacer debe tender a acelerar el aprovechamiento de esta fuente de energía, impidiendo que esta riqueza natural permanezca inactiva por trámites dilatorios puestos en juego por los concesionarios, en la esperanza de obtener una prima por su prioridad en la solicitud. Podría consistir el remedio de este mal en hacer una distinción entre el especulador y la entidad que necesita las concesiones para el desarrollo del sistema de explotación en una región determinada, estableciendo una escala de prórroga de las concesiones inaprovechadas que estuviese en relación con las potencias de los saltos que fuese construyendo.

SEGUNDO PUNTO.—*Discusión del establecimiento de una red nacional de distribución de energía eléctrica.*

Parece, en concepto de la Sección, de indudable conveniencia, el establecimiento de una red nacional de energía eléctrica, para cuyo estudio pueden servir de base el informe de la Comisión permanente española de Electricidad, dado en cumplimiento de la Real orden del ministerio de Fomento de 28 de diciembre de 1918, y las conclusiones formuladas en la Sección 6.ª del Congreso al tratar de esta materia, y muy principalmente las presentadas por el Ingeniero de Caminos señor Mayoral en su ponencia "Interconexión y electrificación general en España". Opina la Sección que deben darse facilidades a los indus-

triales que en sus instalaciones se sometan al plan de la red que se adopte, y establecer compensaciones para los que más directamente contribuyan a la formación de la misma. No se considera la Sección suficientemente documentada en el momento actual para dictaminar sobre la "Indemnización a los actuales empresarios y la fijación de tarifas convenientes", que el cuestionario señala en este segundo punto, y que, acaso, convendrá fijar para cada una, teniendo en cuenta sus circunstancias especiales.

TERCER PUNTO.—*Posibilidad de producir en España las primeras materias necesarias para la construcción de maquinaria eléctrica de todas capacidades, y de las redes de distribución.*

Cree la Sección posible la producción en España de las principales primeras materias necesarias para la construcción de maquinaria eléctrica y de las redes de distribución. Entiende que para ello puede solicitarse de las fábricas siderúrgicas la producción de chapa de hierro de propiedades magnéticas apropiadas, lo que es perfectamente posible; y en cuanto al cobre, que debe favorecerse la instalación de fábricas de afino de este metal por procedimiento electrolítico, como base principalísima de la construcción de esta maquinaria; debiendo otorgarse a los fabricantes de ella todas las facilidades posibles y, señaladamente, las consignadas en la ley de Protección a la Industria y las derivadas de un examen detenido de nuestros Aranceles de importación y exportación.

Entiende la Sección además que, con objeto de garantizar el material eléctrico español y de estimular su fabricación, deben establecerse por la Comisión permanente española de Electricidad reglas o normas fijas para efectuar las pruebas de recepción del mismo.

CUARTO PUNTO.—*Industrias relacionadas o derivadas de la electricidad que convendría fomentar con ayuda del Estado.*

Entre las industrias relacionadas con las aplicaciones de la electricidad, entiende la Sección que conviene fomentar, con ayuda del Estado, un ensayo de la reducción de los minerales de hierro en el horno eléctrico, para obtener directamente el lingote. Estima, como razón en favor de este ensayo, la riqueza relativamente importante que España tiene en minerales de hierro y la insuficiencia de carbones de condiciones apropiadas en la Península.

QUINTO PUNTO.—*Extensión de la electrificación de las líneas férreas.*

Por lo que a la llamada electrificación de las líneas férreas se refiere, opina que la transformación del sistema actual de tracción con locomotoras de vapor, por la tracción eléctrica en las grandes líneas establecidas, ofrece dificultades de orden económico, difíciles de salvar. La aplicación de las nuevas líneas deberá hacerse, por lo que al concep-

to técnico se refiere, eligiendo el sistema y las características de la corriente después de maduros estudios, para que, en las líneas de interés general, la adopción del sistema que se elija pueda imponerse con carácter obligatorio dentro de los límites que aconsejen los adelantos de la época y las circunstancias de localidad. Las reservas para hacer frente a las interrupciones de corriente podrán hallarse en muchos casos si se establece la red general a que se alude en el punto segundo.

Sexto punto.—*Ampliación y perfeccionamiento de las redes telegráficas y telefónicas; procedimientos y medios para llevarlas a cabo; tarifas.*

Diversos trabajos, de interés diferente, se han presentado en la Sección 6.ª sobre la Telegrafía y Telefonía con conductores y sin ellos. Las conclusiones adoptadas en esta materia contienen las soluciones acordadas sobre este punto en los dos casos de comunicación por la palabra, empleando conductores o valiéndose como transmisor del medio ambiente. La Sección no se considera con suficientes datos para poder fijar tarifas de estos servicios.

Séptimo punto.—*Cables submarinos.*

Preconizada la instalación de la Telegrafía y Telefonía sin conductores, y propuestos algunos medios para fomentarla, se ha considerado de interés secundario la de los cables submarinos, sobre cuyo extremo no se ha presentado en esta Sección ponencia alguna.

ÍNDICE DEL TOMO SEGUNDO

Páginas.

Páginas.

Este libro se entrega gratuitamente a los señores socios protectores, corporativos y numerarios del Congreso.
Los que no lo sean podrán adquirirlo al precio de **50 pesetas** toda la obra o de **15 pesetas** or tomo suelto.

SUCESORES DE RIVADENEYRA (S. A)
:: Paseo de San Vicente, 20. - Madrid. ::